

유한요소법을 활용한 정밀전자부품 성형공정 해석

양순종*, 변상규*, 최홍석**, 하석준**, 강범수*

* 부산대학교 ERC/NSDM, ** 삼성전판

Process Analysis of Precision Press Forming by the Finite Element Method

S.J. Yang*, S.K. Byun*, H.S. Choi**, S.J. Ha**, B.S. Kang*

* ERC/NSDM at Pusan National Univ., ** Samsung Display Devices Co.,Ltd.

Abstract

The multistage precision forming process for aperture of electronic guns consists mainly of drawing and swaging operations. The multistage forming sequence is analyzed in view of production industry, and based on the industrial investigation, The processes are simulated by the finite element code MARC. The elastic recovery, strain and stress distribution, and the die forces are summarized

1. 서론

최근에 생산되고 있는 전자제품들은 초소형화 되어가는 추세에 있으며 동시에 경향화, 슬림(slim)화 및 대용량 고기능화에의 요구가 급증하고 있는 실정이다[1]. 이미 자동차, 항공기 등의 기계공업에 널리 활용되고 있는 프레스 가공법을 활용한 초정밀 전자부품 성형에 대한 관심이 고조되어 가고 있다[2]. 현재 미국, 일본 등의 기술 선진국에서는 판재성형 제품의 고정밀화를 달성하기 위해 가공 조건을 항상 최적상태에서 컴퓨터로 제어하는 지능형 가공 시스템의 개발을 시도하고 있으며, 성형품의 품질 안정화와 정밀도 검사를 위해 3차원 비접촉 측정기를 활용하여 면의 비뚤어짐 등을 측정 해석하고 있다[3]. 이와 병행하여 판재성형에 유한요소법을 활용하여 공정설계 및 해석을 하는 연구가 최근에 급속히 발달하고 있는 추세이며, 이미 필수 불가결한 기술로 자리잡고 있다. 해석 범위의 다양성 및 편리성 정확한 해를 얻기 위한 시뮬레이션 수단의 개발과 더불어 재료특성, 마찰상태에 대한 정확한 데이터 베이스의 구축도 시도되고 있다.

그러나 국내에서는 대부분의 프레스 성형공정 설계[4]가 숙련자의 경험적 지침 및 직관, 실험에 의해 수행되고 있으므로 다단계의 성형공정을 거쳐 생산되는 복잡한 형상의 제품을 개발할 경우 공정동안 소재가 받는 여러형태의 변형으로 인한 시행착오로 시간소비 및 단가 상승을 초래한다. 따라서 실제 금형을 제작하여 시험을 행하기 이전에 전 공정에 걸친 소재의 변형양상과 결합생성의 여부등을 컴퓨터 시뮬레이션 등에 의해 미리 예측하는 것이 필요하며 유한요소법의 활용이 시도되어지고 있다. 유한요소법에 의한 해석에서 구해지는 금형하중, 변형률, 응력분포, 판재의 성형형상 및 두께 분포 등의 광범위한 정보는 현장에서의

실무적인 경험과 결합하여 공정설계에 소요되는 시간적, 경제적 절감효과 및 공정수의 감소 등의 효율적인 공정설계를 수행하는데 도움을 줄 것이다. 본 연구에서는 전자총 부품의 하나인 아퍼추어의 성형을 위한 연속공정에 대한 해석을 수행하였고 발생가능한 결함을 예측하고 개선 가능성을 조사하여 차후에 새로운 형태의 제품개발에 도움을 주고자 하였다. 연구에는 상용 패키지(package)인 MARC를 이용하여 해석하였다.

2. 유한요소 모델링

전자총 부품의 하나인 아퍼추어는 약 10여개의 연속 성형공정을 거쳐 생산된다. 1차, 2차, 성형 드로잉 공정을 거쳐 아퍼추어의 컵의 형상을 결정하며 이후 트리밍(trimming), 플랜지(flange) 성형공정을 거쳐 여분의 플랜지를 잘라낸 후 엠보싱&스웨이징 공정, 2차, 성형 스웨이징 공정을 거쳐 피어싱을 위한 피어싱 부의 두께를 충분히 얇게 하며 피어싱(piercing), 아이들(idle), 반전, 측면 피어싱(side piercing) 공정을 거친 후 제품이 완성된다(그림 1 참조). 아퍼추어의 전체형상을 결정하는 1차, 2차, 성형 드로잉 공정과 엠보싱 & 1차 스웨이징 공정과 2차, 성형 스웨이징 공정에 대해 해석을 수행하였다.

소재는 스테인레스 스틸계의 일종인 NM-AK이며 두께 0.25mm인 박판을 사용하였다. 인장강도는 488 N/mm^2 이며 해석에 사용된 공칭응력 및 공칭 변형률 값은 실험에서 구한 것이고 그림 2과 같다. 성형품의 형상이 복잡하므로 3차원으로 해석을 수행하였으며 소재의 대칭성을 감안하여 1/4을 제어체적으로 선택하였다. 소재와 다이(die)사이의 마찰조건에서 마찰상수는 0.08을 사용하였으며 각 공정별로 성형이 끝난 후 소재로부터 다이를 분리시켰을 때 탄성회복에 의한 변형[5]이 예상되므로 이의 영향을 관찰하기 위하여 탄소성(elasto-plastic) 유한요소법으로 해석하였다. 박판 소재인 NM-AK는 성형중 이방성을 나타내지 않으므로 이방성 효과는 고려하지 않았다.

4. 드로잉 공정

1차 드로잉 공정은 소재에 주요 변형이 발생하는 첫 공정으로 최종 제품의 형상에 큰 영향을 미치는 공정이며 급격한 성형이 이루어지는 공정이다. 급형은 윗 펀치와 아랫다이 및 드로잉을 원활히 수행하기 위한 보조 기구인 블랭크 홀더(blank holder)로 구성되어 있다. 공정동안 해석의 주안점은 탄성회복 후 소재 주위 부위의 두께 분포 및 응력 집중현상을 관찰하는 것이다. 2차 드로잉공정과 성형 드로잉 공정에 사용되는 펀치의 치수는 다이의 곡률 반경이 약간 차이가 나는 것 이외에는 같다. 그림 3은 1차, 2차, 성형 드로잉의 연속 공정이 끝난 후의 최종 드로잉 결과인 소재의 형상 및 유효응력 분포를 나타낸 것이다. 1차, 2차, 성형 드로잉 공정을 거친 제품의 탄성회복 후 최종 형상과 유효응력 분포는 그림 4에 나타나 있다.

5. 스웨이징 공정

스웨이징 공정은 엠보싱 & 1차 스웨이징 공정, 2차 스웨이징 공정, 성형 스웨이징 공정의 3가지 공정으로 이루어져 있다. 스웨이징 공정의 경우 피어싱 홀의 치수조정을 위해 가해지는 공정이므로 시편의 금속 유동을 관찰하는 것과 이후 열처리시 변형을 유발시킬 수 있는 잔류응력의 분포를 관찰하는 것에 중점을 둔다. 시편을 엠보스 시킴으로서 이후의 스웨이징 공정에서 유발되는 바깥쪽으로의 금속유동을 억제시키며 불균일한 변형을 방지시킨다. 그리고 1차 스웨이징 공정을 통해 스웨이징부의 두께 0.125mm로 줄이게 된다. 2차 스웨이징 공정

에서는 스웨이징 다이의 치수만 다소 차이가 날 뿐 나머지는 거의 동일하며 시편의 성형치수 역시 큰 차이가 없다. 1차 스웨이징에서 성형 스웨이징으로 직접 성형할 경우 성형 스웨이징에서의 스웨이징 다이나 펀치가 잘 깨어지므로 성형 스웨이징을 위한 예비 성형단계라고 할 수 있다. 성형 스웨이징 공정에서 스웨이징 부의 두께를 0.065mm로 줄인다. 이후 이 스웨이징 부에 피어싱 홀을 뚫게 된다. 그림 5에 유효응력 분포 및 시편의 성형된 상태가 나타나 있다.

6. 드로잉 공정과 스웨이징 공정에서의 금형하중

그림 6과 7에 각각 드로잉 공정과 스웨이징 공정중 소요되는 펀치하중 history를 보여주고 있다. 드로잉 공정의 경우 1차, 2차, 성형 드로잉 공정중 걸리는 최대 하중은 약 1600 N 정도이며 1차 드로잉 공정에서 실제 드로잉 공정이 상당히 완료되므로 이후 드로잉 공정에서는 점차 펀치하중이 작아지게 됨을 알 수 있다.

7. 해석 결과 및 이후 연구계획

현재 삼성전관에서 생산되고 있는 전자총 부품의 하나인 아퍼추어에 대한 성형공정 해석을 완료하였다. 현재까지의 성형공정해석을 통하여 드로잉 공정과 스웨이징 공정에 영향을 미칠 수 있는 변수들을 파악할 수 있었다. 드로잉 공정에서 주요하게 영향을 미칠 수 있는 변수로서는 펀치와 다이의 곡률반경, 마찰계수, 1차 드로잉 공정에서의 드로잉 높이등이라고 생각하여 스웨이징 공정에서는 엠보스 깊이와 폭, 스웨이징 두께, 스웨이징 부의 radius와 폭, 스웨이징 부의 마찰계수 등이라고 생각한다. 이후의 연구대상으로는 이러한 변수들을 조정하여 응력을 균일화 도는 최소화 할수 있는 금형의 구조, 또는 변수들을 찾아내는 것으로 하겠다.

참고문헌

1. T. Jimma and T. Adachi, "Recent trends in precise-working of electronic components", Advanced Technology of Plasticity, 1993.
2. 강 범수, 이 진희, 변 상규 등, "유한요소법을 활용한 캐드류의 프레스 성형공정 설계", 한국 소성가공 학회지, 제 3권, 1994.
3. K. Yamaguchi and K. Sadamura, "板材成形 21世紀への展望", Journal of the JSTP, Vol. 35, No. 400, 1994.
4. D.F. Eavy and E.A. Reed, "Techniques of Pressworking of Sheet Metal", 2nd ed., Prentice-Hall, N.J., 1974.
5. 전 기찬, "박판금속의 성형-이론과 실제", 반도 출판사, 1993.

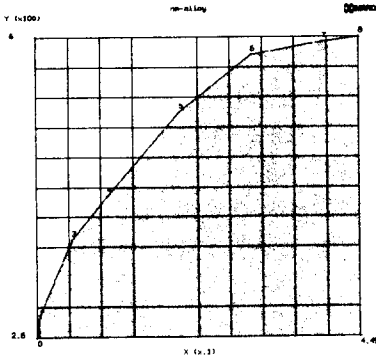


그림 1. 응력-변형률 선도

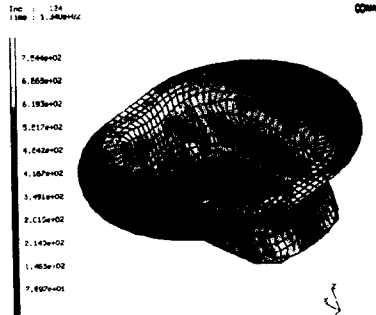


그림 6. 프레스가 하시점에 도달했을때의 유효응력 분포

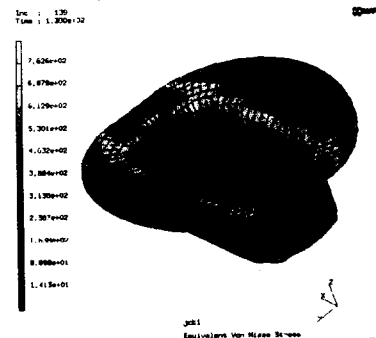


그림 7. 탄성회복후의 유효응력 분포

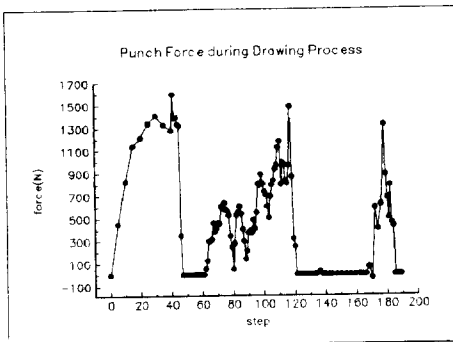


그림 13. 드로잉 공정중의 금형하중 history

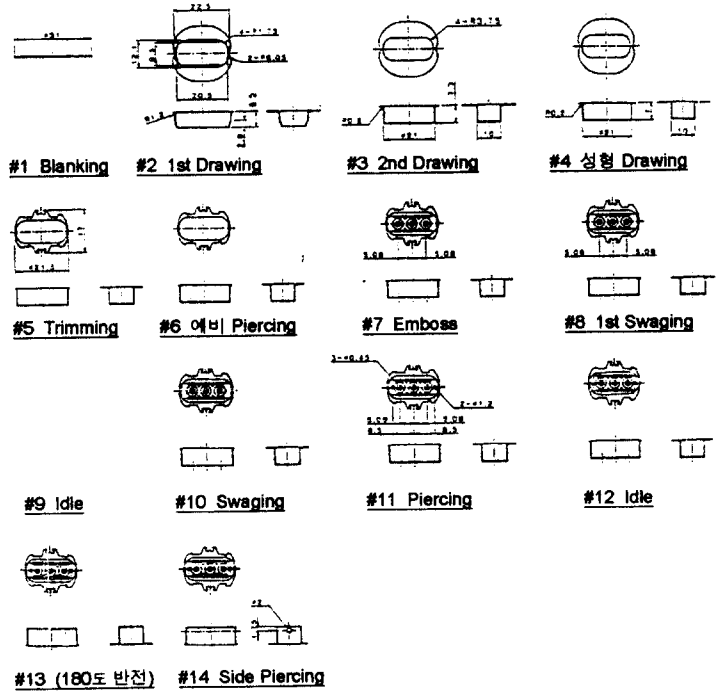


그림 3. 성형품의 공정도

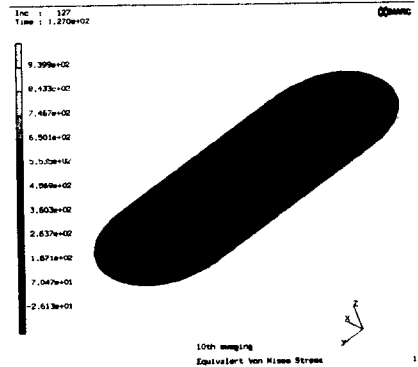


그림 12. 스웨이징 공정완료후의 유효응력 분포 및 형상

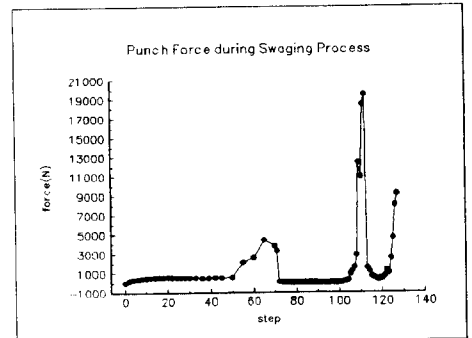


그림 14. 스웨이징 공정중의 금형하중 history