한국소성가공학회 2000년도 추계학술대회 논문집 pp.97~100

휴대폰용 초정밀 사각 밧데리 케이스의 딥드로잉 공정설계

김홍주* · 구태완* · 강범수**

Process Design for Deep Drawing of High Precision Rectangular Battery Case used in Cellular Phone

H. J. Kim, T. W. Ku, and B. S. Kang

Abstract

Today deep drawing and ironing are the major process in manufacturing of battery case used in cellular phone from aluminum. The same technology is utilized in manufacturing of steel or aluminum cans for components of medical instrument, portable PC, walkman and so on. Most of these processes require multi-stage ironing following the deep drawing and redrawing processes. The practical aspects of this technology are well known and gained through extensive experiment and production know-how. However, the fundamental aspects of theses processes are relatively less known. Thus, it is expected that process simulations using FEM techniques would provide additional detailed information that could be utilized to improve the process condition. This paper illustrates the application of process modeling to deep drawing and redrawing operations for High Precision Rectangular Battery Case. A commercially avaliable finite element code LS-DYNA3D was used to simulate deep drawing and redrawing operations.

Key Words : Process Deisgn, Battery case, Rectangular deep drawing, Redrawing, FEM

1. 서 론

초정밀 사각 딥드로잉 공정으로 생산되어지는 초박형 초소형의 휴대폰용 사각 밧데리 케이스 부품은 휴대폰의 초경량 컴팩트화로 급격한 소비증가가 예상되며, IMT-2000용 부품으로 각광을 받고 있다. 새로운 초정밀 사각 딥드로잉 기술 개발은 적용 범위가 현재의 휴대폰용 사각 부품에 국한되지 않고 의료기기 부품, 노트북 PC의 밧데리 케이스, 캠코더 · 워크맨 밧데리 케이스 등의 첨단 부품 분야에서 수요가 폭증할 것이라 예상되어

* 부산대 항공우주공학과 대학원
** 부산대 항공우주공학과

지고 있다.[1] 휴대폰용 밧데리 케이스의 성형공정은 드로잉, 재드로잉 및 아이어닝이 주공정을 이루고 있다. 실제 판재성형공정에서 드로잉은 초기소재의 두께변화 없이 다이 홀에 의해 성형되어진다. 그러나 아이어닝 공정은 측벽 두께가 25~75%정도로 현저하게 줄어진다. 따라서 아이어닝 공정은 일반적인 판재성형공정이라 할 수 없다.[2] 또한, 밧데리 케이스 같은 사각형 초정밀 딥드로잉 기술은 제품 생산의 기본이 되는 금형 설계 및 제조의 경우 대개가 일본으로부터 주문 제작을 통한 수입에 의존하고 있다. 본 연구에서는 초정밀 사각 딥드로잉 성형부품인 사각 밧데리 케이스의 성형 공정에 대해 유한요소해석을 수행하여 그 결과를 실험과 비교 검토하였다.

2. 유한요소해석

2.1 유한요소모델

본 연구에서 구현하고자 하는 휴대폰용 밧데리 케이스의 제품 형상이 Fig. 1에 나타나있다. 초정밀 밧데리 케이스의 최종 형상은 각 측벽의 두께가 서로 다른 특징을 가지고 있다. 본 연구에 사용된 소재는 Aluminum Alloy 3003-H16 판재(0.8mm)를 사용하였으며, Table 1에 소재의 물성치를 간단하게 나타내었다. 휴대폰용 밧데리 케이스의 성형공정은 블랭크 홀더가 없는 성형공정으로 1차 Drawing을 위한 Die 코너 반경은 7.2mm로 설계하였으며, 녹아웃(Nock-out) 장치에 의해 밑면의 두께변화를 방지하였다. 녹아웃 장치는 성형 공정 시 밑면의 두께를 유지하고 Punch Force에 의한 소재 밑면 변형을 방지하기 위해 스프링 또는 유압, 공압 등으로 설치되어진다. 2차 이후의 Redrawing 공정에서는 Die 코너 반경을 대신 Die에 18° 의 경사각을 주었다. Die Taper는 블랭크홀더가 없는 성형에서 이용하는 방법으로 블랭크 홀더가 없음으로서 발생할 수 있는 블랭크의 자유변형을 최대한 빨리 제어하기 위해 적용되고 있으며 일반적으로는 30° 정도의 경사각을 사용하고 있다.[3~5]

1차 및 2차 Drawing을 위한 3차원 금형과 유한요소해석을 위한 모델링 형상을 Fig. 2에 도시하였다. Punch, Die, Nock-out에 대한 모델은 모두 4-node 사각 쉘 요소(shell element)로 모델링 하였다. 최종 제품의 크기가 5.95×29.55×63.4mm^{3}로 1차 Drawing에서의 단면과 최종 제품의 단면의 차이 때문에 최종제품의 해석을 고려하여 중심부의 요소를 세밀하게 하였다. 2차 Drawing의 blank는 1차 Drawing에서의 형상 및 변형응력, 변형률의 값을 유지하며, 2차 Drawing의 공정해석에 적용되어진다. 금형 및 소재의 유한요소모델은 대칭 조건하에서 1/4모델을 적용하였으며, Nock-out장치에 대하여 하중조건이 적용되었다. Fig. 3은 해석에 적용된 블랭크의 경계조건을 도식적으로 나타낸다. Fig. 2(a)에서 금형은 Punch가 171개, Lower Die가 256개, 그리고 Nock-Out이 16개의 강체 shell 요소로 구성되어 있다. 또한 Blank는 1365개의 brick 요소로 모델링 되었다. Fig. 2(b)에서 금형은 Punch가 112개, Lower Die가 210개, 그리고 Nock Out이 28개의 shell 요소로 모델링 되었다. 각 부분별 마찰조건은 Coulomb 마찰 계수를 0.1로 적용하였다.

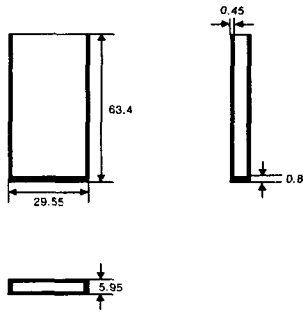
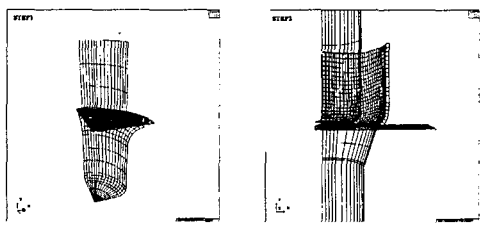


Fig. 1 The final product geometry of a rectangular battery case (unit : mm)

Table 1 Mechanical properties of material

Specimen	Al. Alloy 3003-H16
Yield Strength	175MPa
Strip Size	129mm×0.8mm
Elongation	5~14(%)



(a) (b)

Fig. 2 The FE model for the simulation of deep drawing (a) the first deep drawing (b) the second seep drawing

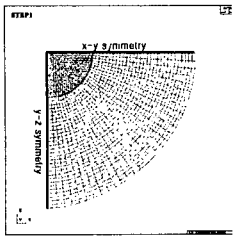


Fig. 3 Boundary condition for the workpiece

2.2 1차 드로잉공정해석

Fig. 4에서는 1차 드로잉 성형 해석 후의 유효변형률 분포를 보여주고 있다. 최대 유효 변형률은 0.94로 나타나며, 성형시 다이의 곡률 반경이 크게 변화되는 위치에 소재의 유입이 집중되어 나타나고 있다. 즉, 성형 시 측벽의 끝단으로 갈수록 유입되는 소재의 양이 증가하여 초기 Blank 두께에 비해 다소 두께가 증가하고 있다. 그러나 밑면의 경우 초기 펀치력에 의해 다소 두께가 감소했음을 알 수 있다.

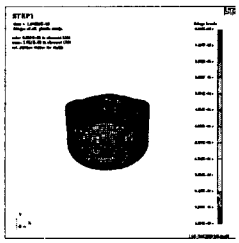


Fig. 4 The effective strain distribution after first deep drawing

2..3 2차 드로잉공정해석

Fig. 5에서는 2차 드로잉 성형 해석 후의 유효변형률 분포를 보여주고 있다. 1차 드로잉에서와 마찬가지로 최종 형상에서 측벽의 끝단으로 갈수록 점차 유효변형률이 증가하고 있으며, 다이의 곡률 반경이 크게 변하는 부분에서 소재유입이 증가하며 최대유효변형률 1.39로 나타나고 있다. 이와 같은 현상이 이 후의 드로잉에서도 역시 나타나게 되며 특정 두께의 형상으로 성형되었을 때 상부의 두꺼워진 부분을 절단한 후 최종 제품까지 성형하게 된다.

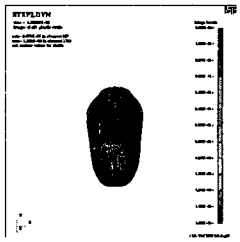
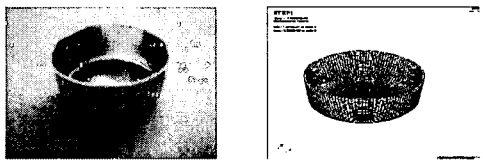


Fig. 5 The effective strain distribution after second deep drawing

3. 해석결과 검토 및 고찰

3.1 1차 드로잉공정

Fig. 6은 1차 Drawing으로 성형된 실제 형상과 유한요소해석에 의한 형상을 보여준다. Fig. 6에서 보여지는 바와 같이 실험과 유한요소해석을 통한 형상은 유사하게 나타나고 있다. 실험과의 비교는 성형제품의 네 위치에 대하여 수행하였다. Fig. 7은 그 위치를 나타낸다. Table 2에서 나타나듯이 전체적인 오차율은 5.2%이내의 작은 값을 나타내고 있다.



(a) (b)

Fig. 6 The first product shape for the battery case of cellular phone
(a) The shape of the experiment
(b) The shape for the CAE analysis

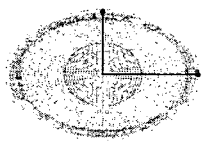


Fig. 7 The measuring point in the first drawing

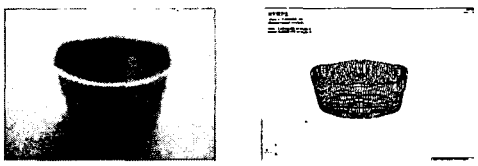
Table 2 The comparison of the first product geometry between the CAE analysis and the experiment

	실험치(mm)	해석치(mm)	오차율(%)
A	22.1	21.23	3.9
B	21.6	21.63	-0.1
C	0.77	0.73	5.2
D	0.85	0.81	4.7

C : 밑면 두께 D : 측면끝단 두께

3.2 2차 드로잉공정

Fig. 8은 2차 Drawing으로 성형된 실제 형상과 유한요소해석에 의한 형상을 보여준다. Fig. 8에서 보여지는 바와 같이 실험과 유한요소해석을 통한 형상은 유사하게 나타나고 있다. 2차 드로잉에서도 Fig 9와 같이 네 위치에 대하여 실험과 비교하였다. Table 3에서는 실험과 해석결과로 나타난 형상치수를 비교하였다. Table 3에서 나타나듯이 전체적인 오차율은 8%이내의 작은 값을 나타내고 있다.



(a) (b)

Fig. 8 The second product shape for the battery case of cellular phone
(a) The shape after second deep drawing,
(b) The shape for the CAE analysis of the second deep drawing

4. 결 론

본 연구에서는 초소형 부품의 정밀 정형 체적 성형기술 개발을 위해 휴대폰용 밧데리 케이스 CAE 해석에 대한 연구를 수행하였다. 휴대폰용 밧데리 케이스 CAE 해석 및 시제품 개발에서는 5.95×29.55×63.4㎜(두께×폭×높이)사양의 초정밀 사각 밧데리 케이스에 대한 딥 드로잉과 재드로잉을 위한 성형 공정의 유한요소해석이 1차 딥 드로잉과 2차 재드로잉공정에 대해서 수행되었으며, 이 부품에 대한 시제품 제작 등이 연구되어 졌다. 향후 전체 공정에 대한 해석과 아이어닝 공정에 대한 연구가 수행될 것이다.

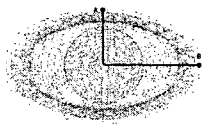


Fig. 9 The measuring point in the second drawing

Table 3 The comparison of the second product geometry between the CAE analysis and the experiment

	실험치(mm)	해석치(mm)	오차율(%)
A	30.85	30.37	1.6
B	32.65	31.32	4.1
C	0.75	0.69	8.0
D	0.8	0.85	-6.25

C : 밑면 두께 D : 측면끝단 두께

후 기

이 연구는 1999년 두뇌한국21 핵심사업 분야에서지원받아 수행된 연구임

참 고 문 헌

(1) M. Geiger, F. Vollertsen and R. Kals, 1996 "Fundamentals on the Manufacturing of Sheet Metal Microparts", Annals of the CIRP, vol.45, no.1, p.227.

(2) Marco Schunemann, Musta A. Ahmetoglu, and Taylan Altan, 1996, "Prediction of process conditions in drawing and ironing of cans", J.of Mat. Processing Tech., vol59, pp.1~9.

(3) 이종재, 김용한, 1998, "최신 금형 설계", 한국이공학사.

(4) 孫良彦, 1986, "金型設計", 機電研究社, .

(5) LS-Dyna Keyword Users Manual, 1997 Livemore Software Technology Corporation, Livemore, CA, USA, June.