

휴대폰용 Battery Cover의 결합부 가이드 성형공정설계

The Design of Forming Process of Joint Guide for Battery Cover of Mobile Phone

*김강현¹, 고대철², 감경근³, #김병민⁴

*G. H. Kim¹, D. C. Ko², K. K. Kam³, #B. M. Kim(bmkim@pusan.ac.kr)⁴

¹ 부산대학교 정밀가공시스템공학, ² 부산대학교 산학협력단, ³(주)두성 테크윈, ⁴ 부산대학교 기계공학부

Key words : Battery Cover, Pressure Forming, Side Bending

1. 서론

휴대폰은 1990년대 민간에의 보급이 확대된 이후 단순 음성 전달 기능 이외에 GPS, 블루투스 통신, 이메일 송수신, 모바일 TV등의 다양한 기능을 수행하는 이른바 고품격 스마트 폰으로의 개발이 진행되고 있다. 이에 따라 높은 신뢰성의 외장재가 요구되고, 때문에 내구성 및 외관 미려성이 중요시 된다.

일반적으로 휴대폰 배터리를 보호하는 커버는 플라스틱사출 공정으로 제작되거나 강도가 그리 높지 않은 마그네슘합금 같은 금속 소재로 제작되기도 한다. 최근에는 내부식성 및 외관 미려성을 고려한 STS304 소재를 이용하여 제작하기도 한다. 그러나 휴대폰 본체와 배터리 커버의 결합시 체결부는 레이저 용접을 통해 성형된다.

본 연구에서는 휴대폰 Battery Cover를 기존의 프레스 성형과 레이저 용접을 통해 제작되는 것을 대신하여 프레스 성형공정만을 이용한 일체형인 결합부 가이드를 성형 하는 것이다. 이렇게 일체형의 제품을 생산하게 되면 공정수 저감 및 제품 단가를 줄이고 외관 미려성을 확보할 수 있다.

2. 물성치 평가

소재 물성치 확보를 위하여 인장시험을 시행하였다. Fig. 2는 인장 시험편으로서 KS 5호 시험편을 사용하였다. 시험편은 두께가 3mm 이하인 박판에 사용되는 인장 시험편으로 나비는 25mm, 표점거리 50mm, 두께는 0.6mm 이다. 이 시험편의 인장시험 결과를 Table 1에 나타내었다. 압연방향별로 0°, 45°, 90°에 대하여 소재의 항복강도 (Yield strength, Ys), 인장강도 (Tensile strength, Ts), 가공경화지수 (Hardening exponent, n), 강도 계수 (Material coefficient, K), 그리고 이방성 계수 (Anisotropy coefficient, r)를 나타내었다.

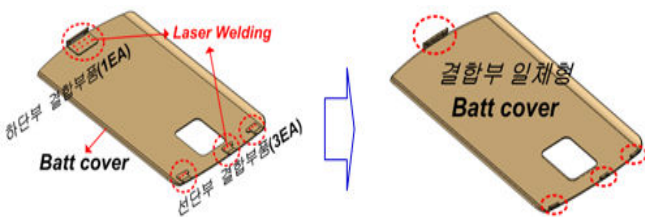


Fig. 1 Battery Cover

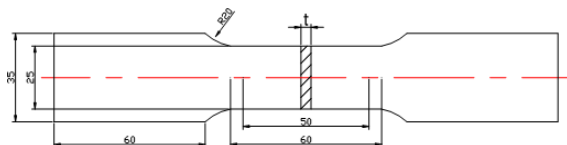


Fig. 2 Tensile test specimen

Table 1 Result of tensile test

	0°	45°	90°
YS (Mpa)	722.83	772.8	765.02
TS (Mpa)	992.88	959.86	975.03
n	0.3598	0.3065	0.3034
K (Mpa)	2041.87	1840.81	1864.94
r	0.4074	0.6101	0.7125

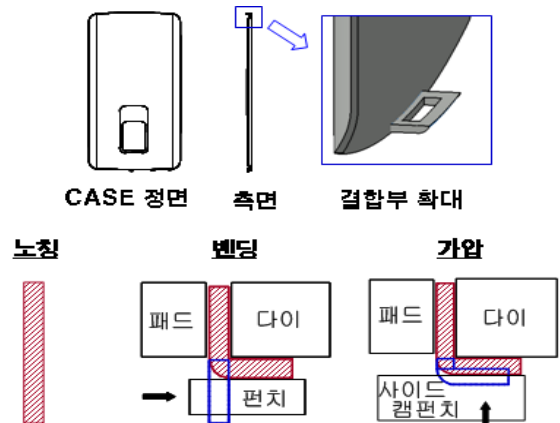


Fig. 3 Schematic diagram of process

3. 결합부 가이드 성형 공정

Fig. 3은 성형공정을 개략적으로 나타낸 그림이다. 배터리 커버의 하단 결합부를 성형하기 위해 우선 노칭 공정을 통해 초기 소재길이를 결정하고, 그 후 90도 벤딩 공정을 통해 소재를 굽힌다. 벤딩된 소재를 사이드 캠 펀치를 이용하여 측면에서 가압하여 성형하는 형상을 나타내었다. 최종 성형시 체결부가 곡률로 이루어져 있기 때문에 성형시 곡률형상 변화가 없도록 곡률라인과 일치해야하는 어려움이 있다. 이는 본체와 결합 하였을 때, 틈이 생기지 않아야 하고, 외관상 보기 좋은 곡률이 존재해야한다.

4. 실험계획법을 이용한 공정 설계

하단 체결부 설계시 공정에 영향을 미치는 변수들의 조합을 이용하여 최적의 조건을 만들어 공정설계를 하려고 한다. 다음에 나타낸 Fig. 4는 벤딩 공정의 각 변수에 대해 설명한 그림이다. 벤딩 공정 후 가압 공정 까지 영향을 미치는 인자들로 상부 금형의 곡률 R (DR), 벤딩 펀치 곡률 R (PR), 그리고 벤딩시 상부 금형의 위치로 벤딩되는 지점(BP)을 나타내었다.

벤딩 공정시 상부 금형의 곡률 R은 가압 공정 이후 단면 형상과 제품 높이에 영향을 미치고, 벤딩 펀치의 곡률 R은 90도 벤딩시 벤딩 각도에 영향을 미친다. 그리고 벤딩 지점은 가압 공정시 성형부위와 곡률진 부위가 일치되어야 하는데 그에 대한 영향과 제품 최종 높이에도 영향을 미친다.

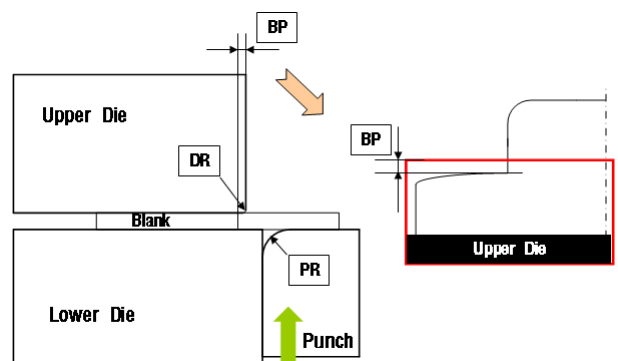


Fig. 4 The design parameters in process design of bending

Table 2 The levels of design parameters in process design of bending

Parameters Levels	Upper Die Radius (DR)	Punch Radius (PR)	Bending Point (BP)
1	0.1	0.8	0.47
2	0.3	1.0	0.52
3	0.5	1.2	0.57

설정된 변수를 이용하여 Table 2 에 각 인자별 수준에 대한 값들을 선정하여 나타내었다.

상부 금형의 곡률 R인 DR은 실제 현장에서 적용되는 수치를 기준으로 하여 제품 높이 치수 공차를 만족하는 범위 내에서 다음과 같이 반지름 0.1mm, 0.3mm, 0.5mm로 선정하였고, 펀치 곡률 R인 PR은 90도 벤딩시 소재를 훑고 올라갈 때 곡률반경이 작게 되면 소재가 펀치에 쓸려 변형이 일어난다. 최종 성형시 반듯하지 못하고 울퉁불퉁한 형상이 그대로 나타나게 된다. 반대로 곡률반경이 너무 크게 되면 벤딩이 제대로 이루어지지 못하므로 다음과 같이 반지름 0.8mm 이상으로 1.0mm, 1.2mm로 설정하였다. 마지막으로 벤딩 되는 지점을 나타낸 BP는 벤딩 공정 후 가압 공정시 최종 높이치수 공차 범위 내에서 설정하였고, 최종 성형시 곡률 진 부위와 일치되는 라인을 만들기 위한 치수로 0.47mm, 0.52mm, 0.57mm로 설정하였다.

Table 2에서 설정한 인자별 수준들을 이용하여 3인자 3수준에 대한 직교 배열표를 Table 3에 나타내었다.

총 9가지 case에 대하여 DEFORM-3D를 이용하여 성형해석을 진행하였다. Fig. 5에 성형해석 결과를 나타내었다. 벤딩 후 가압시 최종 형상에서 그림과 같이 폭 방향치수를 측정한다. 폭 방향치수는 10.6±0.05mm로 공차를 두었으며, 각 case에 대한 평가 결과 case 2, 3, 6, 9rk 만족하는 결과를 얻었다.

각 인자별 최종 치수에 얼마나 영향을 미치는가에 대한 평가로 분산분석을 진행하였다. Table 4는 직교 배열표에서 FE-simulation을 통해 얻은 결과를 바탕으로 분산분석을 한 결과이다.

각 인자별 제공근의 합, 자유도, 평균 제공근 그리고 F ratio로

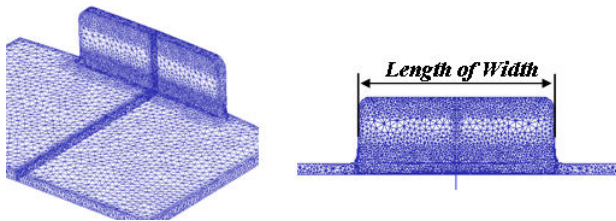


Fig. 5 The result of FE-simulation

Table 3 The L₃(3³) OA table and the results of FE-simulation

case	DR	PR	BP	Length of Width(mm)
1	1	1	1	10.652mm
2	1	2	2	10.606mm
3	1	3	3	10.648mm
4	2	1	2	10.670mm
5	2	2	3	10.686mm
6	2	3	1	10.646mm
7	3	1	3	10.660mm
8	3	2	1	10.678mm
9	3	3	2	10.628mm

Table 4 ANOVA table for the length of width in bending process

Effects	Sum of squares	Degree of freedom	Mean Square	F ratio
A	0.000392	2	0.000196	1.298013
B	0.000168	2	0.000084	0.556291
C	0.000378	2	0.000189	1.251656
e	0.000302	2	0.000151	
T	0.00124	8		

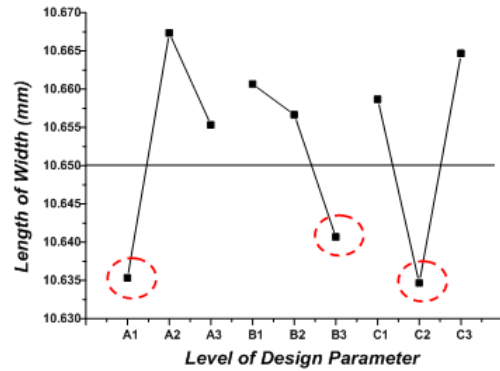


Fig. 6 Analysis of effectiveness

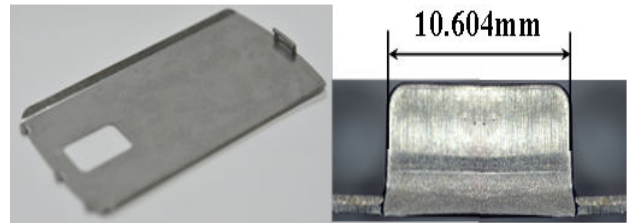


Fig. 7 The result of battery cover forming

나타내었다. F ratio는 어떠한 인자가 목적 값에 영향을 주는가에 대한 판단의 기준으로 보통 1 이상의 값이 나오면 목적 값에 영향을 주는 인자로 판단한다. A와 C, 즉 DR과 BP가 영향이 높은 것을 알 수 있다.

Fig. 6은 9가지 목적 값의 결과들을 이용한 영향도 평가를 나타낸 그림이다. 10.650mm의 폭 치수를 기준으로 아래쪽에 위치한 점들이 가장 많은 영향을 미치는 것으로 나타났다.

A1, B3, C2의 조합, 즉 DR 1수준, PR 3수준, BP 2수준의 조합이 최적 값으로 도출되었다. 이 조건을 바탕으로 FE-simulation을 수행한 결과 10.606mm의 폭 치수를 얻어냈으며, 외관상으로도 양호한 결과를 얻었다. Fig 7은 해석결과를 바탕으로 실제 금형을 제작하여 제품을 T/O(Trial-out)한 결과이다. 해석결과와 마찬가지로 폭 치수를 측정 하였을 때, 10.604mm로 만족스러운 결과를 얻었다.

5. 결론

본 연구에서는 휴대폰용 배터리 커버가 일체형인 결합부 가이드 성형에 대한 성형공정 설계를 하였다. 공정변수는 상부금형곡률 R, 벤딩 펀치 곡률 R, 벤딩 되는 위치가 있다. 실험계획법과 영향도 평가를 이용하여 변수들의 조합을 통해 DR 0.1, PR 1.2, BP 0.52의 최적조합을 찾아냈다. 이러한 조건을 사용하여 FE-simulation을 통해 치수공차를 만족하는 10.606mm의 값을 얻었으며, 외관 미려성도 확보하는 결과를 얻었다.

후기

본 연구는 산업자원부의 2008년도 지역산업기술개발사업 중 "공통기술개발사업"의 지원으로 수행되었으며 이에 감사 드립니다.

참고문헌

1. 안재홍, 고대철, 이찬주, 김병민 "관재 굽힘 성형에서 실험계획법 및 인공신경망을 이용한 탄성회복 보정", 대한기계학회논문집, A권, 제32권 제11호, pp. 990~996, 2008.
2. 박동규, 2008, Minitab을 활용한 실험계획법, 기전연구사, pp. 369~390.