

휴대폰용 리드 앤 프레임의 접합력 향상을 위한 설계 변수 평가

남 기 주¹, 이 정 민², 김 병 민[#]

Estimation of Design Variables for Improving the Bonding Force of Lid & Frame for Cellular Phone

K. J. Nam, J. M. Lee and B. M. Kim

Abstract

A lid & frame used as the shield of electromagnetic waves in cellular phones are composed of frame, which is welded at their electric circuits, and lid, of which debonding and joining are available from the frame. Typical lid & frame were mechanically bonded by contact between the embossing of lid and the piercing of frame. Bonding force of this part have to allow us to detach the lid from frame for exchange or fix of the electric part and have to be high enough to protect the electric part from external impacts. This study is designed to estimate the effect of design variable of lid & frame on its debonding force. Estimations were performed by finite element method.

Key Words: Bonding force(접합력), Lid & Frame(리드와 프레임), Embossing(엠보싱), Design variable(설계변수)

1. 서 론

리드와 프레임(Lid and Frame)은 휴대폰 내 전자파 차단용 주요 기능부품으로, 회로기판에 점용 접으로 고정되어 있는 프레임과 덮개로써 탈착이 가능한 리드로 구성되어 있다. Fig. 1은 리드와 프레임의 용도와 조립형상을 나타낸 것이다. 리드의 경우 부품의 교환이나 수리를 위해 탈착이 용이해야 하며, 또한 외부 충격으로부터 쉽게 벗겨지지 않아야 한다. 따라서 보통 리드와 프레임은 리드부분의 엠보싱(Embossing)과 프레임부분의 피어싱(Piercing)에 의해 별다른 체결 요소 없이 기계적으로 결합되어 있다. 이러한 부품들은 주로 판재의 프로그래시브(Progressive) 공법에 의해 생산되고 있다.

리드와 프레임의 기계적 접합력에 영향을 미치는 변수로는 리드의 엠보싱 높이와 직경, 벤딩

폭, 벤딩곡률, 벤딩각도, 소재 두께 등을 들 수 있다. 이러한 변수들은 상호의존적이며, 보통 임계 엠보싱높이와 직경, 벤딩곡률 등은 사용되는 소재 두께에 크게 의존한다. 일반적으로 엠보싱 직경과 높이, 소재 두께를 증가시킬수록 접합력은 향상되지만, 제품설계 단계에서 리드와 프레임의 전체 크기 및 소재두께, 대략적인 형상이 결정되기 때문에 각각의 변수들의 활용은 매우 제한적이다. 따라서 실질적으로 접합력에 영향을 미치는 변수는 벤딩 폭과 각도로 제한된다.

본 연구는 제한된 리드와 프레임 형상 내에서 각각의 설계변수가 접합력에 미치는 영향을 평가하고, 최적의 리드 엠보싱 높이와 벤딩 폭의 관계를 조사하기 위해 고안되었다. 각각의 변수들은 유한요소해석을 이용하여 평가되었으며, 해석모델은 Nokia 휴대폰 내 장착된 리드와 프레임 모델(Fig. 1)을 기준으로 설정되었다.

1. 부산대학교 대학원 정밀가공시스템공학전공

2. 한국국제대학교 자동차공학부

교신저자: 부산대학교 기계공학부, bmkim@pusan.ac.kr

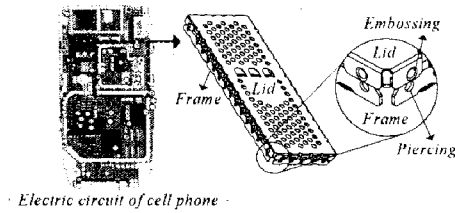


Fig. 1 Typical shape and an application of lid and frame for Nokia cellular phone

2. 해석모델 및 설계변수 선정

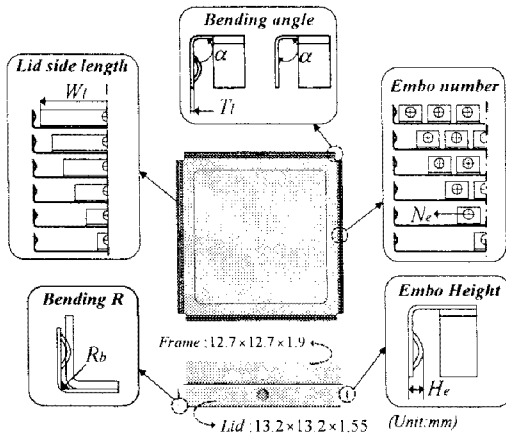


Fig. 2 Design variables and analytical model of lid and frame

Table 1 Design variables for estimating the joint strength of lid and frame

Variables		Value
Bending angle(α)	Lid	89, <u>90</u> , 91°
	Frame	89, <u>90</u> , 91°
Number of embossing (N)		<u>4</u> , 8, 12, 16, 20
Bending R(R)	Lid	0.1, <u>0.15</u> , 0.2, 0.25mm
	Frame	<u>0.2</u> , 0.3mm
Embossing height (H)		0.2, 0.25, <u>0.3</u> , 0.35, 0.4mm
Lid thickness (T)		<u>0.1</u> , 0.12, 0.14, 0.16, 0.18mm
Lid bending width (W)		2, 4, 6, 8, 10, <u>12</u> mm

Fig. 2 는 본 연구에서 사용된 리드와 프레임의 해석 모델 및 설계변수를 나타낸 것이다. Fig. 1 에서 볼 수 있듯이 리드와 프레임은 휴대폰의 형상에 따라 다양하게 변화한다. 본 논문에서는 해석의 신뢰성과 설계변수의 감소를 위해 표준 모델 형상을 정사각형으로 가정하였다. 이 때 리드와 프레임의 두께는 각각 0.1 과 0.2t 로 하였으며, 엠

보싱과 피어싱 개수는 각각 4 개로 하였다.

설계변수는 벤딩각도(α)와 엠보싱 개수(N), 벤딩 곡률(R), 엠보싱 높이(H), 리드 두께(T), 리드 벤딩 폭(W)으로 설정하였으며, 각각의 값들은 Table 1 에 나타내었다. Table 1 에서 진한 이탤릭체로 표시된 값들은 표준 리드와 프레임 모델치수이며, 이것은 각 설계변수에 대한 평가 시 나머지 모델의 치수를 의미한다. 리드와 프레임에 사용된 재료는 니켈-실버(Nickel-Silver)합금이며, 그것의 기계적 특성은 Table 2 에 나타내었다. 유한요소해석은 ABAQUS 6.3 을 이용하였고 해석모델은 대칭성을 고려하여 1/4 로 모델링 되었으며, 4 절점 쉘(Shell) 요소를 사용하였다.

Table 2 Mechanical Properties of Nickel-Silver alloy

Items	Value
Elastic modulus, E	125 GPa
Stiffness coefficient, K	665 Mpa
Work hardening exponent, n	0.105

3. 해석 결과

3.1 해석과정 및 접합력 평가

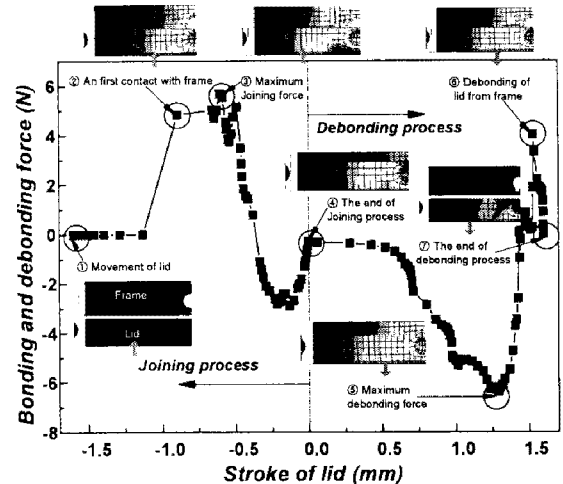


Fig. 3 Procedure of FE simulation and typical load - stroke curve for estimating the debonding force of lid & frame

Fig. 3 은 리드와 프레임의 접합력평가를 위한 해석과정과 전형적인 하중-변위곡선을 나타낸 것이다. 해석과정은 접합(①~④)과 분리공정(⑤~⑦)으로 구분되며, 각각의 이송량은 1.6 mm이다. 해석

에서 이동은 리드만 가능하며, 이 때 리드의 Z 축 변위를 제외한 나머지 경계조건은 모두 고정하였다. 본 연구에서 접합은 결합 후 분리공정에서 최대하중점(⑤: Debonding force)으로 정하였으며, 따라서 이것은 주로 엠보싱 높이에 의한 리드 벤딩 폭의 언벤딩(Unbending)력에 의해 생성된다.

3.2 각 설계변수에 대한 접합력 평가

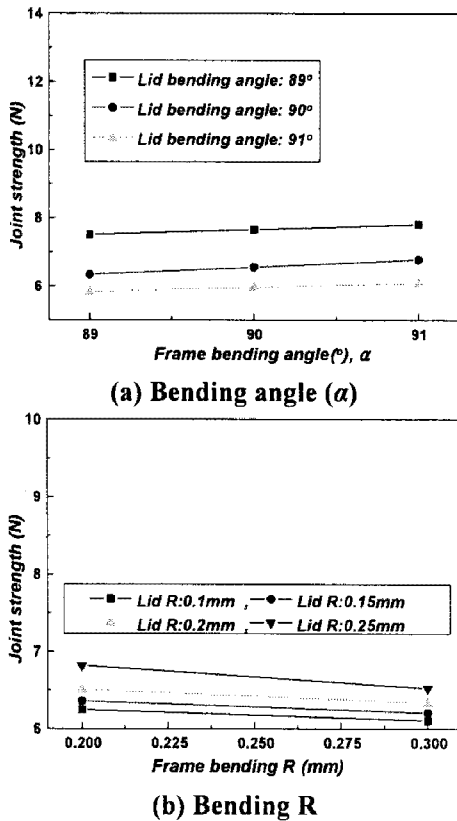


Fig. 4 Joint strength of lid & frame for different bending angle and bending R

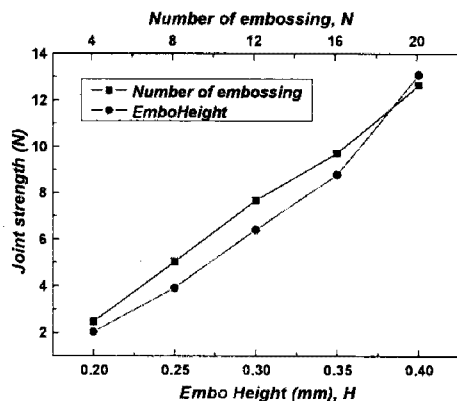


Fig. 5 Joint strength of lid & frame for different number of embossing and embossing height

Fig. 4 는 리드와 프레임의 벤딩각도와 벤딩곡률 변화에 따른 접합력 변화를 나타낸 것이다. 결과는 리드 각도가 작고 리드 벤딩곡률이 증가할수록 접합력은 증가하는 것으로 나타났다. 이에 반해 프레임의 각도와 프레임의 곡률변화는 접합력에 미치는 영향이 적은 것으로 나타났다. 이것은 앞서 설명하였듯이 접합력이 리드의 언벤딩(Unbending)력에 의존하기 때문이며, 해석에서 벤딩곡률이 증가하고 리드 벤딩각도가 감소할수록 곡률부 벤딩 면적과 전체 언벤딩량은 증가한다.

Fig. 5 는 엠보싱 높이와 엠보싱 개수에 따른 접합력 변화를 나타낸 것이다. 엠보싱 높이와 엠보싱 개수가 증가할수록 접합력은 거의 선형적으로 증가하였다. 그러나 엠보싱 높이의 증가는 부품의 조립공차에 영향을 미치며, 사용된 소재두께에 제한을 받는다. 또한 엠보싱 개수의 증가는 전체적인 공정수를 증가시키는 단점이 있다.

Fig. 6 은 리드 소재 두께와 리드 벤딩 폭 변화에 따른 접합력 변화를 나타낸 것이다. 결과는 소재 두께가 증가할수록 접합력은 증가하였다. 그러나 리드 벤딩 폭의 경우 엠보싱 높이에 따라 최대 접합력을 가지는 최적의 벤딩 폭이 존재하는 것으로 나타났다. 특히 소재의 두께에 상관없이 벤딩 폭 8 mm에서 가장 높은 접합력을 나타내었다. Fig. 7 은 소재 두께 0.1 mm에서 각 벤딩 폭에 대한 리드의 벤딩 곡률부에서 유효응력 값을 나타낸 것이다. 벤딩 폭이 감소할수록 유효응력 값은 증가하였으며, 모든 벤딩폭에 대해 엠보싱을 중심으로 약 3 mm 전후 지점까지 최대유효응력 값을 가지는 것으로 나타났다. 이러한 최대유효응력발생범위(Fig. 7)는 엠보싱 높이에 의존하며 접합력에 크게 영향을 미치는 것으로 판단된다.

벤딩 폭 2 와 4 mm의 경우, 최대유효응력 값은 2 mm가 높지만 4 mm에서 더 넓은 최대유효응력발생범위를 포함하고 있다. 따라서 접합력은 4 mm가 더 높게 나타난다. 이에 반해 8 과 10 mm의 경우, 10 mm가 더 넓은 응력분포를 가지지만 실질적으로 최대유효응력발생범위 내 응력값은 8 mm가 더 높기 때문에 접합력은 8 mm가 더 높게 나타난다.

따라서 접합력은 최대유효응력발생범위의 값과 크기에 의존하며, 이것은 엠보싱 높이에 따라 변화한다. 이러한 결과를 확인하기 위해 엠보싱 높이와 벤딩 폭에 따른 유한요소해석을 수행하였으

며 그 결과를 Fig. 8에 나타내었다. 최대 접합력을 발생시키는 리드 밴딩 폭은 엠보싱 높이에 따라 변화하였으며 그 비는 대략적으로 3.3 ~ 4.0로 나타났다.

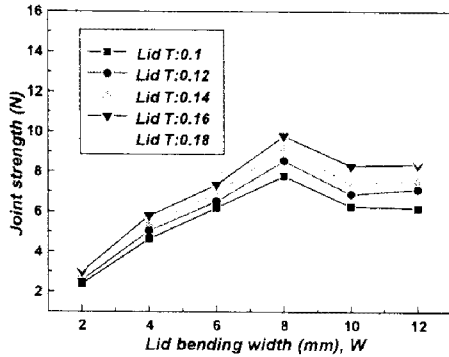


Fig. 6 Joint strength of lid & frame for different lid thickness and lid bending width

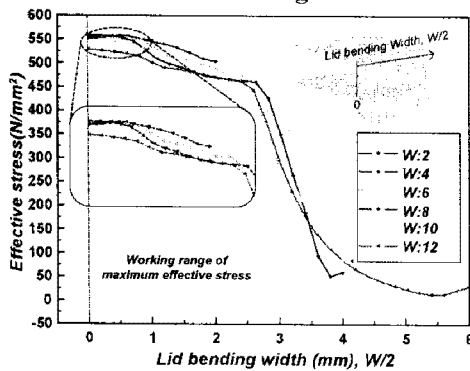


Fig. 7 Distributions of effective stress in bending R of lid with thickness of 1 mm for different lid bending width

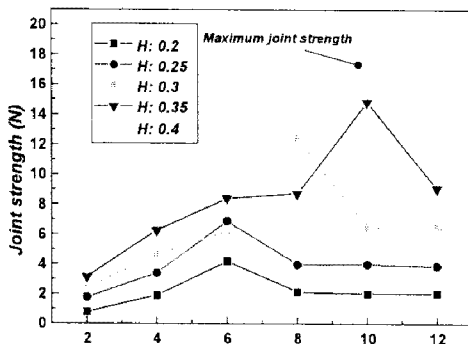


Fig. 8 Joint strength of lid & frame for different embossing height and lid bending width

앞선 밴딩 각도에 대해 프로그래시브 금형에서 90°이상 밴딩하기 위해서는 부가적인 캠(Cam)장치가 필요하다. 또한 소재의 두께는 휴대폰 설계단계에서 결정되기 때문에 임계밴딩폭과 엠보싱

높이는 대략적으로 정해지며, 엠보싱 개수는 적을수록 생산측면에서 보다 효율적이다. 따라서 실질적으로 리드와 프레임의 접합력에 가장 큰 영향을 미치는 변수는 밴딩 폭과 엠보싱 높이의 비로 볼 수 있다.

4. 결론

본 연구에서는 휴대폰 전자과 차단용 부품인 리드와 프레임의 설계변수가 접합력에 미치는 영향을 평가하였고 그 결과는 다음과 같다.

(1) 엠보싱 높이와 엠보싱 개수가 증가할수록 리드와 프레임의 접합력은 증가하였으며, 밴딩 각도와 밴딩 폭에 대한 영향은 상대적으로 미비하였다.

(2) 리드 밴딩 폭 변화에 따른 접합력은 엠보싱 높이에 의존하였으며, 최대접합력을 발생시키는 리드 밴딩 길이 대 엠보싱 높이의 비는 약 3.3 ~ 4.0이다.

(3) 일련의 연구결과는 리드와 프레임의 결합강도의 예측과 형상설계 시 중요한 기초 자료로써 활용할 수 있을 것으로 기대된다.

후기

본 연구는 교육과학기술부/한국과학재단 국가핵심연구센터사업(R15-2006-022-03003-0)지원으로 수행되었음.

참고 문헌

- [1] Chou CK, Balzano Q, Cleveland R, Guy AW, Heynick L, Osepchuk J, Petersen R, "Human exposure to microwaves and other radio frequency electromagnetic fields." IEEE eng in med and boil Mag 14(3):336-337, 1995.
- [2] Cook A, Woodward A, Pearce N, Marshall C. "Cellular telephone use and time trends for brain, head neck tumors." NZ med 116(1175):457-464,2.
- [3] Z. Marciniak, "Mechanics of Sheet Metal Forming", Butterworth-Heinemann, 2002.
- [4] Hibbit, Karlsson & Sorensen, Inc ABAQUS/STAND. User's Manual Ver. 6.3 USA 2000.