

소비자 맞춤형 개념설계 및 쿠션부 충격해석을 통한 외피형 에어백 헬멧 개발

정인덕*, 이용문*, 오미옥**, 김승철***, 이태구****,##, 강명창*,#
*부산대학교 융합학부, **부산대학교 경영학과, ***부산대학교 3차원혁신제조연구센터,
****부산대학교 디자인학과

Development of Skin Type Airbag Helmet through Consumer Oriented Concept Design and the Cushion Part's Impact Analysis

In-Duck Jung*, Yong-Moon Lee*, Mi-Ok Oh**, Seung-Chul Kim***, Tae-Gu Lee****,##,
MyungChang Kang*#

*Graduate School of Convergence Science, Pusan National University, **Department of Business Administration, Pusan National University, ***Convergence Research Center of 3D Laser-Aided Innovative Manufacturing Technology, ****Department of Design, Pusan National University
(Received 21 October 2016; received in revised form 28 November 2016; accepted 8 December 2016)

ABSTRACT

This study was initiated to minimize head injuries, which is the largest cause of increased external activity, traffic accident injuries, and death. We developed a low cost airbag that can be covered by a safety helmet based on consumer needs. The results of the survey showed that safety is the most important aspect of consumers' safety helmets. It also predicted that increasing the weight would present the biggest problem. Curved airbag cushion parts that can be attached to a helmet and the sensor part of a block type were designed. Impact analysis was performed by specifying the pressure inside the airbag and the volume of the airbag as variables.

Key Words : Personal Safety(개인안전), Airbag Helmet(에어백 헬멧), Impact Analysis(충격해석), Concept Design(개념설계), Survey(설문조사)

1. 서 론

교통수단 및 과학문명의 발달과 함께 레저 스포츠, 실외 활동과 산업현장의 규모가 거대화 됨에 따라 안전의 문제가 급격히 증가하고 있다^[1].

소비자 위해 감시시스템(CISS, Consumer injury surveillance system)에 의하면 2012년 1월부터 2015년 9월까지 자전거도로에서 발생한 자전거 안전사고는 총1,782건으로 매년 늘고 있으며 2014년에는 전년 대비 43.8% 증가한 것으로 발표하였다.

안전사고 발생 원인을 분석한 결과, 운전 부주의로 인한 사고가 91.4%(1,629건)로 대다수를 차지하고 있으며, 상해를 입은 신체 부위별 현황을 보면 두부손상이 많은 부분을 차지하고 있다^[1-4].

운전자를 보호하는 운전석 에어백뿐만 아니라 조

Corresponding Author : kangmc@pusan.ac.kr

Tel: +82-51-510-2361, Fax: +82-51-510-7396

Corresponding Author : digiani@pusan.ac.kr

Tel: +82-51-510-2902, Fax: +82-51-512-1727



(a) Hovding's airbag (b) Honda's outer airbag
Fig. 1 Airbag application for personal safety

수석과 뒷좌석 탑승자를 위한 보조에어백, 옆면 충격에 보호를 목적으로 한 사이드에어백, 커튼에어백 등 차량용 에어백은 그 종류가 점차 늘어가는 추세이다^[2].

이륜차 운전자의 안전성을 확보하기 위한 에어백에 대한 연구나 개발은 아직도 미비한 실정이며, 해외에서 개발된 사례들은 일회성과 높은 가격의 한계로 소비자의 호응이 부족한 실정이다. Fig. 1(a)는 스웨덴의 호브딩사에서 개발된 에어백으로써 목에 스카프 형태로 장착이 가능하고 사고시 에어백이 전개되어 목과 머리를 보호하는 형태의 에어백이다. Fig. 1(b)는 일본에서 개발된 이륜차 운전자용 에어백 의류로서, 사고시 조끼형태의 에어백이 전개되어 등, 몸을 보호하는 형태의 에어백이다.

따라서, 본 연구에서는 사고에 취약한 아동 및 여성의 보호와 과격한 활동성을 보이는 동호회 활동을 하는 많은 개인을 위하여 외피형 에어백 헬멧 개발을 위한 기초자료를 확보하고자 한다. 그래서 자전거 헬멧에 대한 소비자의 니즈(Needs)를 파악하고 신제품 컨셉(Concept)에 대한 소비자의 반응을 수렴하여 개념설계를 진행하고 그 안전성을 검증하기 위한 부피와 압력에 따른 충격해석을 실행하여 응용가능성을 제시하고자 한다.

2. 외피형 에어백 헬멧 개발 과정

2.1 헬멧의 안전규정

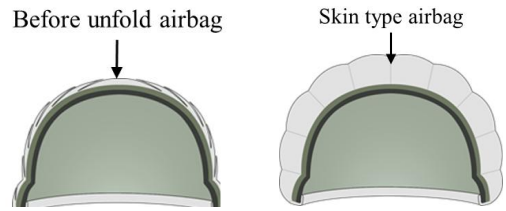
여러 국가에서 운동용 안전모에 대하여 30Km 미만의 속도로 움직이는 놀이기구 또는 스포츠, 레저

기구를 이용하는 자가 착용하도록 고안된 안전모라는 규정은 있으나^[3] 안전성을 명시하지는 않고 있다. 안전모의 최소 규정은 안전모 성능시험 고시와 표준의 충격흡수성시험과 내관통성시험의 낙하에 의한 충격 에너지값을 규정하고 있다. 충격에너지는 각 국가별 표준에 수치가 기술된 경우 그대로 기술(중력가속도는 9.8 m/s²로 사용됨)하였다^[4].

고용노동부 고시에서 규정한 국내 안전모 충격흡수성 시험의 경우 충격에너지는 3.6 kg을 1.5 m에서 떨어뜨리는 충격에너지값에 상당하고, 그 값은 중력가속도 9.8 m/s²로 하면 53 J이다. 일반적으로 안전모 머리 상부 중앙부분에 대해 떨어뜨리는 낙하에 의한 충격에너지는 50 J 정도이다. 다만, 유럽연합 EN 14052 고성능 안전모에서는 정부에 대해 100 J의 충격에너지를 가한다. 국내 고시기준인 안전모의 충격에너지가 53 J 이라 하여도 그 모든 에너지를 안전모가 흡수하는 것은 아니다^[5]. 국내의 규정은 53J의 충격에너지가 안전모에 작용하면 안전모를 씌운 머리 모형에 전달(측정)되는 충격력이 4.450 N을 초과하지 않을 것을 요구한다^[5].

본 연구에서 외피형 에어백의 가장 주된 목적은 사고 또는 비정상적인 상황에서 사용자의 두부 손상을 최소화하고 간편한 사용에 있다. 이러한 목적을 위해 Fig. 2(a)와 같이 에어백이 전개되기 전에는 최소한의 부피로 에어백 외부에 일부 또는 전체로 장착되어 있으며 Fig. 2(b)와 같이 에어백을 전개하여 헬멧 외부에서 일차적으로 충격량을 감소시키는 개념을 선정하였다. 또한 에어백의 부피와 팽창압력을 고려한 충격해석을 진행하여 그 안전성을 확인하고자 한다.

2.2 소비자 반응을 고려한 설문조사 방법



(a) Before unfold (b) Unfold
Fig. 2 Concept of skin type airbag for survey

성공적인 신제품을 개발하기 위해서는 소비자와 경쟁자에 대한 이해를 바탕으로 소비자에게 더 높은 가치를 전달하기 위한 가능성 있는 아이디어를 발견하고 이를 소비자 지향적인 제품으로 발전시킬 수 있는 체계적인 신제품 개발과정이 확립되어야 한다.

Fig. 3은 신제품 개발 과정의 8가지 단계로서^[6,7], 아이디어 창출 단계에서는 신제품에 대한 체계적인 탐색이 이뤄지고, 아이디어 선별 단계에서 적절치 못한 것을 제거한 뒤, 컨셉 개발 및 테스트 단계에서는 소비자가 이해할 수 있도록 기술된 보다 자세한 제품 아이디어를 뜻하는 제품 컨셉을 설정한 뒤, 목표 소비자그룹을 대상으로 테스트를 실시하여 컨셉의 채택 및 수정 여부를 결정하게 된다^[8].

자전거 에어백 헬멧에 대한 소비자의 요구를 파악하고 신제품 개념에 대한 소비자의 반응을 수렴하기 위해 11월 5 ~ 18일까지 부산 금정체육공원, 부산대학교에서 실제 자전거 헬멧의 구매 경험이 있는 소비자 205명을 대상으로 1:1 면대면 방식의 설문조사를 실시하였다. 설문지는 기존 자전거 헬멧에 대한 만족도 및 개선점을 묻는 문항, 신제품 개념을 제시하고 그에 대한 반응을 묻는 문항, 그리고 응답자의 특성을 묻는 문항으로 구성되었다.

본 연구에서의 표본추출 방법으로는 응답자를 자전거 헬멧 구매 및 사용 경험이 있는 소비자로 한정해 특정 분야에 관한 지식이나 경험이 풍부하여 모집단의 특성을 효과적으로 반영할 수 있을 것으로 판단되는 판단 표본 추출법(Judgment sampling)이 사용되었다^[8].

3. 소비자 맞춤형 개념설계 및 쿠션부 충격해석 결과 및 고찰

3.1 소비자 반응을 고려한 설문조사 결과

Table 1은 자전거 헬멧을 구매할 때 중요하게 인식하고 있는 제품 특성은 안전성, 사용편의성, 가격, 디자인, 휴대용이성의 순으로 나타났다. 중요도 대비 만족도가 낮아 기존 헬멧이 소비자의 니즈를 충분히 만족시키지 못하는 것으로 나타났다.

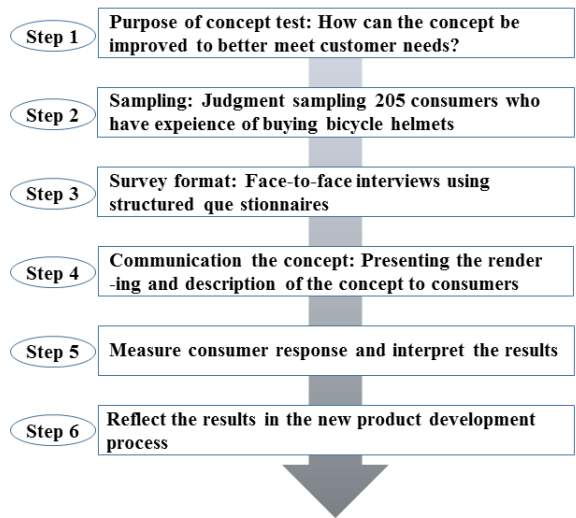


Fig. 3 Major stages in new product development

Table 1 Importance-satisfaction gap of the existing helmets' attributes(7-point scale)

| Helmets' attributes | Importance level of attributes* | Satisfaction level of attributes* | Importance-satisfaction gap |
|---------------------|---------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------|
| Safety | 6.13 | 4.85 | 1.28 |
| Ease of use | 5.71 | 4.66 | 1.05 |
| Price | 5.36 | 4.57 | 0.79 |
| Design | 5.34 | 4.57 | 0.78 |
| Portability | 4.85 | 4.58 | 0.28 |

분석 결과, 안전성, 사용편의성, 가격, 디자인, 휴대용이성의 순으로 상대적 비중이 높은 것으로 나타나 소비자들이 자전거 헬멧을 구매할 때 가장 중요하게 인식하는 제품 특성은 안전성이라는 것을 재확인할 수 있었다.

개발 중인 신제품 컨셉을 제시하고 안전성, 사용편의성, 가격, 디자인, 휴대용이성 측면에서 기존 헬멧과 비교평가를 요청한 결과, 안전성은 기존 헬멧보다 개선될 것이라는 의견이 대다수였으나, 안전성을 제외한 나머지 측면에서는 기존 헬멧보다 퇴보하였고 가격은 상승할 것이라는 평가가 많았다.

기존 제품과 신제품간의 각 특성별 비교평가에 근거하여 신제품에 대한 사용의도(7점 척도, 1점 : 전혀 없음 ~ 7점 : 매우높음)의 차이를 T-test로 분석한 결과는 Table 2와 같다. 소비자들이 가장 중요하게 인식하고 있는 안전성의 경우, 개선되었다고 답한 응답자와 개악이 되었다고 답한 응답자 간에 신제품 사용의도 평균값이 각각 4.8305와 2.9545로 통계적으로 유의한 차이($t=4.217$, $p<0.01$)를 보였다. 산출된 통계치와 같거나 더 극단적인 값이 나올 확률을 p 값이라 정의하고, t 분포도에서의 현재 값을 t 값이라 정의한다. 가격측면에 있어서는 개선 및 개악의 평가에 따른 사용의도의 차이가 통계적으로 유의하지 않았다. 즉, 자전거 헬멧의 사용여부를 판단하는데 있어서 결정적인 제품특성은 안전성이다.

안전성을 높이기 위해 가격이 상승하더라도 안전성과 가격간 상쇄효과가 나타나 소비자의 사용의도는 높아진다고 해석할 수 있다. 또한 사용용이성, 가격, 디자인, 휴대용이성에 따른 사용의도의 평균값이 모두 7점 척도의 중간 값에 해당하는 4점을 넘고 있어, 각 특성이 기존 제품에 비해 개악되었다는 평가에도 불구하고 사용의도에는 큰 영향을 미치지 못한다는 것을 알 수 있다.

응답자들은 에어백이 부착됨으로써 헬멧 중량의 증가를 가장 큰 문제로 생각하였고, 에어백 결합에 의한 위험성 증가, 디자인 퇴보, 재사용 불가, 가격 상승 등의 순으로 문제점이 예상된다고 했다. Table 3 에서는 신제품에 대한 사용의도의 고저에 따라 신제품 기대가격의 차이에 대한 T-test 결과를 제시하고 있다. 사용의도가 높은 응답자들은 신제품의 기대가격을 103,590원으로 답하였으나, 사용의도가 낮은 응답자들은 기대가격을 57,263원으로 답하여 상대적으로 많은 차이를 보임을 알 수 있다.

3.2 소비자맞춤형 외피형 에어백개념설계

소비자가 중요하게 생각하는 부분은 안전성임을 확인하였고 외피형 에어백의 장착시 중량 증가를 가장 큰 문제로 생각한다는 조사결과를 얻었다. 헬멧의 종류에 상관없이 장착이 가능한 외피형 에어백의 구현을 위하여 헬멧의 후면 곡선을 참조하여 타원형의 구조를 가지도록 모델링을 진행하였다.

Table 2 Intention to use of helmet by comparison evaluation of helmet's attributes

| Helmets' attributes | C | N | M | S | t | p |
|---------------------|--------|-----|------|------|-------|---------|
| Safety | better | 177 | 4.83 | 1.39 | 4.21 | 0.000** |
| | worse | 11 | 2.95 | 2.02 | | |
| Ease of use | better | 80 | 5.04 | 1.40 | 2.75 | 0.007** |
| | worse | 105 | 4.44 | 1.50 | | |
| Price | better | 32 | 4.72 | 1.91 | -0.04 | 0.967 |
| | worse | 154 | 4.73 | 1.37 | | |
| Design | batter | 61 | 5.04 | 1.50 | 2.12 | 0.036* |
| | worse | 125 | 4.55 | 1.47 | | |
| Portability | better | 72 | 5.04 | 1.47 | 2.48 | 0.014* |
| | worse | 114 | 4.49 | 1.46 | | |

C : Comparison evaluation

N : Number

M : Mean of intention to use

S : Standard Deviation

t : t - value

p : p - value (* <0.05 , ** <0.01)

Table 3 Expected price of the new product concept by intention to use

| | | N | E | S | t | p |
|--------------------------|------|----|--------|-------|-------|---------|
| Mean of intention to use | low | 74 | 57263 | 26856 | -4.09 | 0.000** |
| | high | 83 | 103590 | 94001 | | |

E : Expected price

샘플 헬멧을 선정하여 헬멧의 외부 곡선을 기준으로 오프셋피를 최소화하기 위하여 에어백 쿠션(Cushion)이 장착되는 부분과 그 외 기타 부품이 장착되는 부분을 블록형(Block type)으로 설계하였다. 외피형 에어백제품의 외형을 Fig. 4에 표현하였고, 설계된 외피형 에어백을 헬멧에 장착한 모습을 Fig. 5에 나타내었다.

샘플 헬멧을 선정하여 헬멧의 외부 곡선을 기준으로 오프셋한 후, 곡률을 주고 외형을 설계하였고,

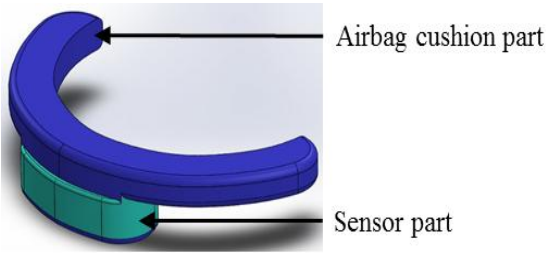
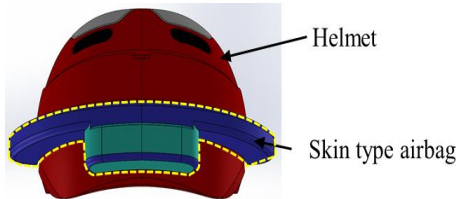
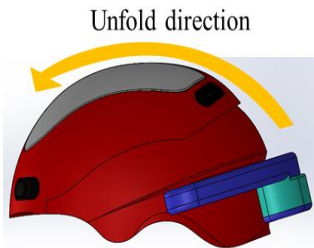


Fig. 4 Skin type airbag shown the isometric angle



(a) Front view for skin type airbag with helmet



(b) Side view for skin type airbag with helmet
Fig. 5 Concept design of skin type airbag helmet

중량과 부상단의 긴 Box 형태의 파트(Parts)에 에어백의 쿠션은 일정한 방법으로 내부에 폴딩(Folding) 되고, 하단의 작은 Box 형태의 파트에 인플레이터(Inflator), 센서부(Sensor Parts), 트리거장치(Trigger Parts), 배터리(Battery), on-off 스위치(Switch)가 장착된다.

3.3 부피와 팽창압력을 고려한 충격해석

에어백 부피를 30 mm로 설정하고 에어백 쿠션내부의 압력을 2 bar로 설정하여 외부 충격시 헬멧 내부로 전달되는 충격량을 확인하기 위하여 해석을 진행하였다. 스웨덴에서 개발되어 판매되고 있는

개인용 에어백의 전개 부피가 55mm인 점을 감안하여 0~55mm 사이의 표준점으로 잡아 30mm로 부피를 설정하였다. 에어백 팽창압력은 인플레이터의 평균 압력인 2 bar를 설정하였다.

모델링과 해석에는 3D CAD 프로그램인 Solidworks를 사용하였다. Solidworks의 솔버(Solver)는 고속 연산이 가능한 FFE (Fast Finite Element) Plus 솔버를 사용하였고, 응력, 변위 및 변형률을 비교 분석하였다. 에어백 쿠션의 재질은 나일론 6/10으로 선정하였다. 헬멧의 재질은 가장 일반적으로 사용되는 ABS PC 재질을 적용하였다. 중심선을 기준으로 대칭되게 설계한 제품의 특성을 적용하여 빠른 결과 값을 도출하기 위하여 중심선 기준 우측 면만 해석을 수행하였다.

전개가 완료된 것으로 가정하여 내부 압력은 내부에서 외부방향으로 2 bar로 설정하였기에 단위를 환산하여 0.2 N/mm² (MPa)로 적용하였다. 외부의 충격량은 안전모의 최소 기준인 4450 N을 적용하였다. 고정은 에어백과 헬멧의 접촉부위를 고정하였으며, 접촉은 본드접촉으로 설정하였다. 상세설계에서 에어백의 쿠션은 헬멧의 외부면을 이용한 오프셋(Off-set)곡면을 사용하여 생성하여 면이용 쉘 메시를 적용하였다. 생성된 면은 곡면이므로 곡률 기반 메시를 작성하였고, 각 결과값은 0.15초를 기준으로 작성하였다.

해석을 수행한 결과, 외부 충격이 4,450 N 이 가해졌을 때, 에어백에 작용하는 응력의 최대값은 7,331.548 MPa로 나타났으며, 이때의 변위는 4.718 mm로 힘이 주어지는 방향으로 발생하였고, 변형률은 0.026으로 측정되었다. 에어백 하단으로 응력이 밀집되며 상부의 충격량을 해소하여 헬멧 내부로 전달되는 충격은 상쇄되었다. Fig. 6은 메시를 적용한 에어백의 도식도이며 Fig. 7은 해석결과 값을 나타낸 도식도이다. Fig. 7(a)는 응력분포를 표시하였고 Fig. 7(b)는 변위, Fig. 7(c)는 변형률을 표시하였다.

충격력과 관련하여 충격이 가해지는 시간을 길게하면 최고 충격력이 낮아진다는 역학적 관계를 이용하여 헬멧의 안전성을 확보할 목적으로 개발하고 있는 외피형 에어백은 에어백 쿠션의 부피에 따라

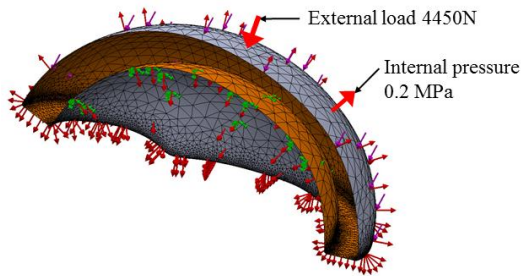
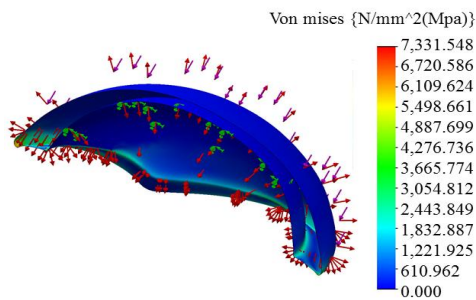
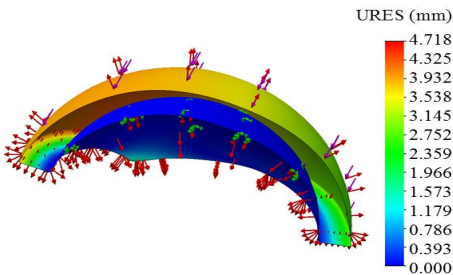


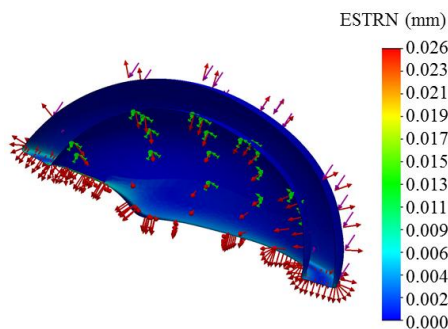
Fig. 6 After mesh and load application



(a) Von Mises result



(b) Displacement result : 30mm -> 25.282mm



(c) Strain result

Fig. 7 Cushion part's impact analysis result

안전성이 변화함을 유추할 수 있다.

본 연구에서 개발된 외피형 에어백의 충격해석은 충격추의 자유낙하로 충격을 가하는 것을 기준으로 하며, 이 때 충격속도는 자유낙하 운동이 고려된 관계식 (1)을 이용하면 계산할 수 있다⁹⁾.

$$mgh = \frac{1}{2}mv^2, \quad v = \sqrt{2gh} \quad (1)$$

식 (2)에서 충격량은 물체의 질량과 높이가 큰 영향을 미침을 알 수 있다.

$$\text{충격량} = \text{운동량의 변화}$$

$$\int f \cdot dt = mv = m\sqrt{2gh} \quad (2)$$

식 (2)에서 보이는 관계식은 완전비탄성충돌이라고 가정할 경우에 가능한 것이다. 에어백의 쿠션부에 공기가 빠져나갈 벤트(Vent)를 설계한다면 이차 충격을 예방 가능한 완전비탄성충돌을 구현할 수 있다. 외부의 충격이 에어백에 가해졌을 때, 1차적으로 탄성 및 소성 변형에 의해 충격에너지를 흡수한다¹⁰⁾. 이는 응력분포가 외부 충격량보다 적은 수치로 에어백 하단에 집중되는 결과와 충격을 직접적으로 받는 에어백 상단부와 응력이 집중되는 하단부에서 변위가 발생하는 것으로 확인할 수 있다. 에어백의 쿠션 부피에 따라 안전성이 결정된다는 것을 알 수 있고, 응력분포가 충격량과 밀접한 관계가 있다는 것을 보였다. 이를 통해, 향후 에어백 센서장치를 내장하여 제품 개발 단계에서 프로토타입을 제작하여 제품의 기능 및 안전성에 대한 엄격한 검사를 실시한 뒤, 테스트 마케팅 단계에서 정식 출시 이전에 실제 시장 상황에서 신제품에 대한 구매, 사용, 재구매 등에 대한 반응을 측정함으로써 출시 여부를 결정할 예정이다. 또한 테스트 마케팅 단계까지 무사히 통과하면 정식으로 시장에 제품을 출시하는 상품화 단계를 실현하고자 한다¹¹⁾.

4. 결론

소지자 지향적인 신제품으로 개발되기 위해서는

안전성 외에 사용편의성, 디자인, 휴대용이성이 함께 개선되어야 하며, 에어백 부착으로 인한 중량 증가를 해소하는 대책이 강구되어야 한다. 안전성 증가와 가격상승이 사용의도에 미치는 영향력이 상쇄되는 것으로 나타났으나, 신제품 개발 시 제품의 원가를 낮추기 위한 방안이 모색되어야 한다. 설문 조사 결과를 고려하여 에어백 쿠션부와 센서 등의 센서부를 블록형으로 설계함으로써 중량의 감소를 일정부분 이루었으나, 센서부의 부품을 소형 및 경량화하는 부분 역시 충분히 고려되어야 한다.

충격해석 수행의 결과로 소비자의 중요한 니즈인 안전성을 확보해야 하는 조건에서는 에어백의 사용으로 헬멧 내부로 전달되는 충격량이 상쇄되며, 응력(7,331.548 MPa)에 따른 변위(4.718 mm)와 변형률(0.026)을 확인하였다.

향후 에어백의 제품화를 위해서는 에어백의 부피와 내부 압력의 상관관계를 명확히 규정할 수 있는 해석이 필요함을 알 수 있었다. 또한 외부 충격량을 변수에 포함하여 보다 안전한 제품 개발에 관한 추가 연구를 수행하고자 한다.

후 기

“이 논문은 2015년도 정부(미래창조과학부)의 지원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업입(No. 2015R1A5A7036513).”

그리고 본 논문은 개인안전용 융합제품 제조를 위한 이공계와 비이공계(경영·디자인·심리학)간의 초학제간 융합연구 결과이며, 그에 따른 공동교신저자의 기여도는 각자 50%로 균등하므로 공동명기하며, 이용문 공동저자는 제1저자와 동등한 기여를 하였으며 이에 감사드립니다.

REFERENCES

1. Koncan, D. A., Zemek, R. and Hoshizaki, T. B., “Performance of Children and Adult Alpine Eelmets under Characteristic Falling Conditions”, *Procedia Engineering*, Vol. 147, pp. 578-583, 2016.
2. Kim, D. E., Kim, J. H. and Kang, M. C., “Test and evaluation based on standard regulation of USA federal automotive safety of assistant driver’s seat airbag at low risk deployment passenger airbag using passenger protection wrap”, *Journal of Korean Society of Manufacturing Process Engineers*, Vol. 15, No. 1, pp. 61-67, 2016.
3. Song, Y. H., “Research for wear status and encourage the children to wear safety helmet”, A Thesis for a Doctorate, Jeonju University, pp. 11-27, 2016.
4. Kwon, H. M., “2014 Industrial accident investigaion”, Korea Occupational Safety & Health Agency, pp. 126-131, 2015.
5. Kim, J. H., “A Study on Protective Purposes and Intents of Use of Safety Helmets as for Rwduction of Falls”, *Journal of the Korean Society of Safety*, Vol. 28, No. 5, pp. 83-89, 2013.
6. Cooper, R. G., "Formula for Success," *Marketing Management*“, Vol. 15, No. 1, March-April, pp. 19-23, 2006.
7. Armstron, G. and Kotler, P., “Marketing: An Introduction, Pearson, pp. 273-281, 2011.
8. Kwahk, G. Y., *Business Statistics Analysis*, K yungmoonsa, pp. 4-5, 2011.
9. Na, Y. M., Park, J. K., Lee, H. S., Kang, T. H. and Park, T. G, “Development of Protective Device for Quadcopter on Impact”, *Journal of the Korean Society of Manufacturing Process Engineers*, Vol. 14, No. 1, pp. 63-69, 2015.
10. Kang, H., Jang, J. S., Kim, D. H., Kang, J. H., Yoo, W. S., and Lee, J. W., “Prediction of Impact Energy Absorption in a High Weight Drop Tester by Response Surface Methodology”, *Journal of Korean Society of Manufacturing Process Engineers*, Vol. 15, No. 3, pp. 44-51, 2016.
11. Hong, S. S. and Lee, H. J., “An Empirical Study on Management of Marketing Design and Innovative Design for Promoting Purchase

Power”, Journal of the Korean Society of Design Culture, Vol. 16, No. 4, pp. 509-521, 2010.