

에어백 인플레이터 캡 성형 공정 개발 및 검증

이득규¹ · 이민수² · 박지우¹ · 강범수[#]

Process Design and Experimental Verification of Airbag Inflator Cap Forming

D. K. Lee, M. S. Lee, J. W. Park, B.S. Kang

(Received March 6, 2018 / Revised July 11, 2018 / Accepted July 12, 2018)

Abstract

An airbag is an essential automotive component used in all kinds of vehicles such as an internal combustion engine and an electric motor vehicle and is used to minimize the damage of an occupant in the event of an accident. Airbag-related parts are being monopolized by a small number of foreign companies around the world. In this situation, it is necessary to develop and research the airbag-related part molding technology for expansion of the domestic airbag-related market and corporate export. As a part of this research, we have developed a mold for airbag inflator cap. The development consists of three steps which are the design of components, analysis of the design and verification of it. In the case of the design, the transfer type mold was designed for the multi-cylindrical shaped feature. Analysis was then conducted on the design. By examining the results of analysis, changing features and numbers of punches and dies were added in the analysis and repeatedly analyzed. After the addition, proper dimensions from the analysis were achieved, and prototypes were practically produced and verified. In the case of prototype verification, Pressurizing Burst Test was conducted on the existing products and the prototype. By comparing the results of the test, the possibility of replacing the existing product of the airbag inflator cap is presented in this paper.

Key Words : Airbag, Airbag Inflator Cap, Deep Drawing, Pressing, Forming, Pressurizing Burst Test

1. 서 론

에어백(Airbag)은 내연기관 및 전기 모터 차량 등 모든 종류의 차량에 적용되는 필수적인 차량용 부품의 일종으로서, 사고 발생 시 탑승자의 피해를 최소화하고 안전을 확보하기 위해 사용된다. 따라서 에어백 부품의 결함은 탑승자의 생명에 직결될 수 있으므로 에어백은 까다로운 제작 규정에 따라 과거에 비해 더욱 정밀하고 정교하게 제작되고 있다. 일례로, 지난 2009년 전 세계 20여개 국에 진출해

있는 일본의 에어백 제조사 Takata Co.의 경우 에어백 부품 결함으로 인해 2016년 기준 14명의 사망자가 발생하여 에어백의 차량용 부품으로서의 중요성이 더욱 강조되고 있다[1].

한편, 에어백 시장은 전 세계적으로 Takata, Autoliv, Key Safety System 등 소수 회사의 독점화가 진행되어 있는 상황이다[2]. 이러한 상황에 대해 국내에서도 에어백 관련 시장 진출 및 기업 수출 확대 방안으로서 에어백 시장 진입을 효과적으로 이루어내기 위해 에어백 부품 개발과 연구가 활발히 이루어지고 있다[3-7].

S. K. Choi et al [3]에서는 에어백 인플레이터용 원

1. 부산대학교 항공우주공학과

2. 부산대학교 융합학부

Corresponding Author : Department of Aerospace Engineering, Pusan National University, E-mail : bskang@pusan.ac.kr

형 파열판 덮개에 대하여 내연적(Implicit), 외연적(Explicit) 방법으로 유한요소해석(Finite Element Analysis)과 실험을 수행하여 파열 압력 수준을 파악 및 비교 분석함으로써 시뮬레이션 기법을 연구하였고, H. M. Oh et al [4]에서는 커튼(Curtain) 에어백 인플레이터용 1차, 2차 파열판을 파열 압력과 시간을 설계 조건으로 설정하여 노즐의 크기와 파열판의 두께를 변화시키며 실험적으로 파열판의 설계를 수행하였다. 그리고 S.B Kim et al [5]에서는 에어백 팽창용 점화재로 나노 고에너지(Nanoenergetic Materials, nEMs) 복합체 분말인 $\text{NaN}_3/\text{Al}/\text{CuO}$ 분말과 NaN_3/CuO 복합체 분말을 사용하여 각각의 경우에 대해 팽창 속도, 연소 반응 등을 실험적으로 파악하여 에어백 인플레이터용 점화재로 사용되기 위한 최적의 추진제를 연구하기도 하였다.

본 논문에서는 에어백 인플레이터 캡(Airbag Inflator Cap)의 제작에 대한 연구를 실시하였다. 에어백 인플레이터 캡은 에어백을 구성하는 여러 가지 부품 중 분사제 분출을 개시하는 부품으로서, 결함 발생 시 가장 먼저 에어백 시스템의 손상을 초래하여 탑승자 부상 및 사망으로 이어질 수 있는 심각한 문제를 야기할 수 있다. 따라서 본 논문에서는 에어백 인플레이터 캡을 에어백 시스템을 구성하는 핵심 부품으로 파악하여 이에 대한 개발과 제조 방법에 대한 연구를 수행하였다.

본 논문에서는 인플레이터 캡 제작용 금형의 1차 설계 및 해석을 통해 문제점을 파악하고 이를 반영 및 수정하여 2차 해석을 수행함으로써 적합한 금형을 설계하였다. 그리고 본 설계를 기반으로 시제품을 제작하고 검증하였다. 먼저, 2장에서 에어백의 기본적 동작 원리와 에어백 인플레이터 캡의 설계 요구 조건을 나타내고, 본 논문에서 사용된 인플레이터 캡의 재료 및 설계 치수를 제시하며, 3장에서 에어백 인플레이터 캡 금형 설계 및 해석을 실시한다. 1차 설계의 경우 이동식 금형(Transfer Mold)으로 설계한 후 공정 해석을 실시하였으며, 1차 해석 결과를 분석하여 발생한 문제점을 개선하고 2차 해석을 재차 실시하였다. 이를 바탕으로 시제품을 제작하였으며 4장에서 기존 제품과 제작된 시제품에 대하여 가압 파열 시험(Pressurizing Burst Test)을 수행하여 각 제품의 파열 압력을 측정하고 비교하였다. 이러한 분석을 통해 본 논문에서 제시된 에어백 인플레이터 캡의 기존 제품 대체 가능성을 확인하였다.

2. 에어백 인플레이터 캡 설계 조건

2.1 에어백의 동작 원리

자동차가 외부로부터 충격을 받을 경우, 장착된 에어백 센서가 충격을 감지하여 센서에 연결된 스위치를 작동시킨다. 작동된 스위치는 회로와 연결되어 순간적으로 전류를 흘려 에어백 인플레이터 내의 화약 계통(Gun Powder System)을 폭발시켜 인플레이터에 순간적인 압력을 가한다. 그리고 발생한 압력이 Fig. 1의 ⑤인플레이터 캡(Inflator Cap)의 끝단에 가공된 십자 홈 부(Cruciform Groove)를 파열시켜 인플레이터 캡과 스프링으로 연결된 ④플로우 관(Flow Pipe) 내의 분사제를 특수 섬유로 제작된 에어백으로 일시 팽창 및 분출되도록 한다.

Fig. 2는 조립 전 에어백 인플레이터 캡(Fig. 1의 ⑤)의 형상이며, 조립 시에는 허브(hub) 부를 Fig. 1의 ⑤인플레이터 캡의 허브 부와 같이 압축하여 조립하게 된다. 따라서 에어백 인플레이터 캡은 허브 부에 해당하는 대단경 두께(Thickness of Larger Diameter), Fig. 1의 ④플로우 관으로 삽입 장착되는 소단경 두께(Thickness of Smaller Diameter), 그리고 적절한 압력 하에서 파열될 수 있도록 십자 홈 부의 두께와 길이를 조절하는 것이 설계의 핵심이 된다.

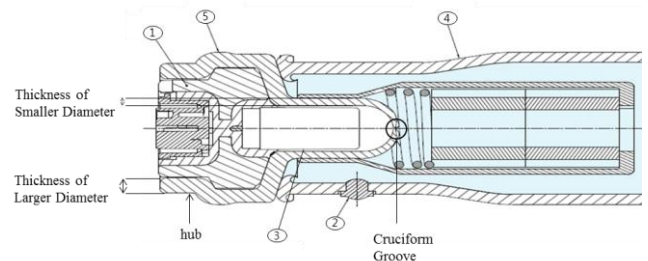


Fig. 1 Feature of Airbag Inflator

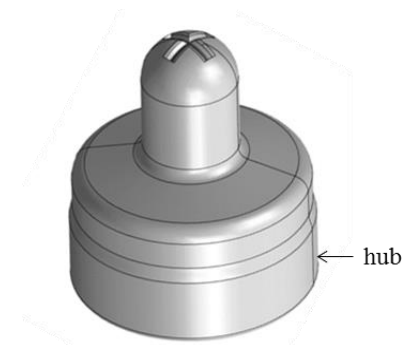


Fig. 2 Feature of Airbag Inflator Cap

2.2 인플레이터 캡 재료 및 치수 설계

에어백 인플레이터 캡은 Fig. 2와 같이 직경이 다른 두 원통이 연결된 형상을 가지는데, 이러한 형태의 가공품을 제작하기 위해서는 프레스 및 딥 드로잉 공정을 거쳐야 하기 때문에 일반적으로 드로잉용 합금강을 재료로 사용한다[8, 9]. 따라서 본 논문에서는 기존의 에어백 인플레이터 캡에서 사용된 미국 시험 재료 규격 드로잉용 합금강 ASTM A1008 DS Type B와 유사한 물성을 가지며, 미국 차량용 인플레이터 제작 요구조건 USCAR24 Inflater Technical Requirements and Validation에 부합하도록 Table 1과 같이 JIS G 3141 SPCC-S로 인플레이터 캡을 구성하는 재료를 선정하였다[10].

시제품 제작용 프레스 및 드로잉 공정에서 사용될 금형의 경우, 단원통 형태의 제작을 위해 대단경을 먼저 프레스 및 드로잉 후, 대단경의 측면에 다이를 두고 다시 프레스 및 드로잉하여 소단경을 제작하여야 하므로 Fig. 3과 같이 이동식 금형으로 설계하여 프레스 기계에 적용되는 금형을 교체하며 작업할 수 있도록 하였다[11, 12].

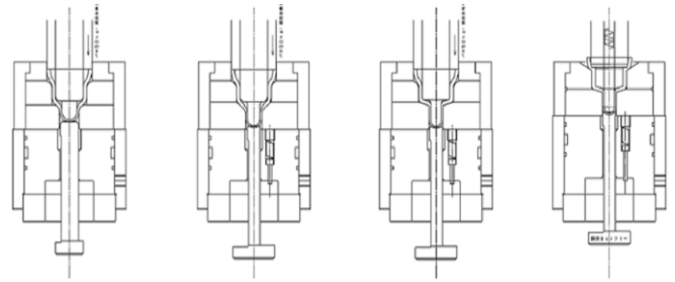


Fig. 3 Transfer Type Mold

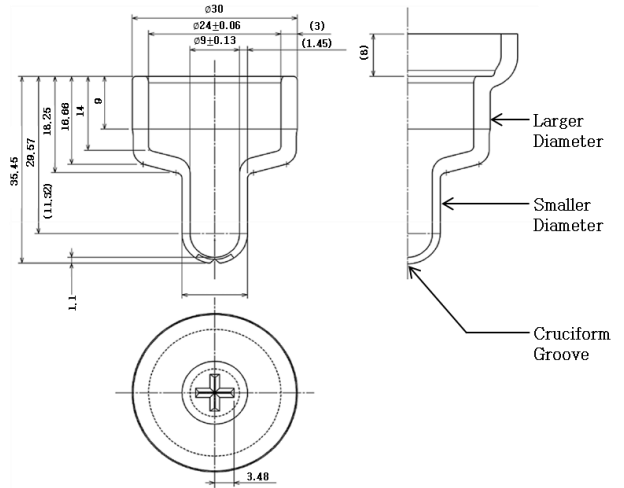


Fig. 4 Drawing of Airbag Inflater Cap

Table 1 Material Design of Airbag Inflater Cap

| | | Target | Design |
|--------------------|------------------|-------------------------|----------------------|
| Standard | | ASTM A1008 DS Type B | JIS G 3141 SPCC-S |
| Composition [%] | Carbon(C) | 0.02/0.08 | 0.0443 |
| | Manganese (Mn) | 0.50(max) | 0.204 |
| | Phosphorous (P) | 0.20(max) | 0.0074 |
| | Sulfur(S) | 0.30(max) | 0.0036 |
| Strength [MPa] | Yield Strength | 150(min) | 187 |
| | Tensile Strength | 262(min) | 311 |
| Elongation [%] | | 36(min) | 51 |

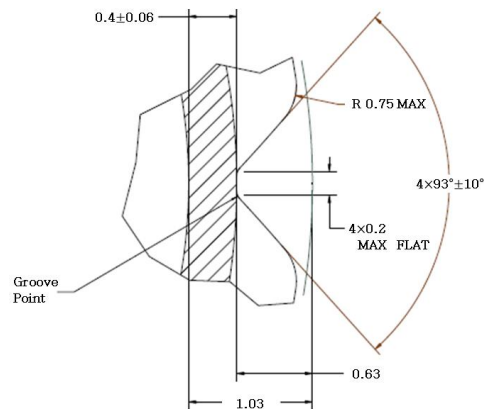


Fig. 5 Drawing of Inflater Cap Cruciform Groove

시제품으로 제작될 에어백 인플레이터 캡은 기존 제품을 대체할 수 있도록 기존 제품의 치수와 동일하게 Fig. 4, 5와 같이 설계되었다. Fig. 4는 인플레이터 캡의 대단경(Larger Diameter), 소단경(Smaller

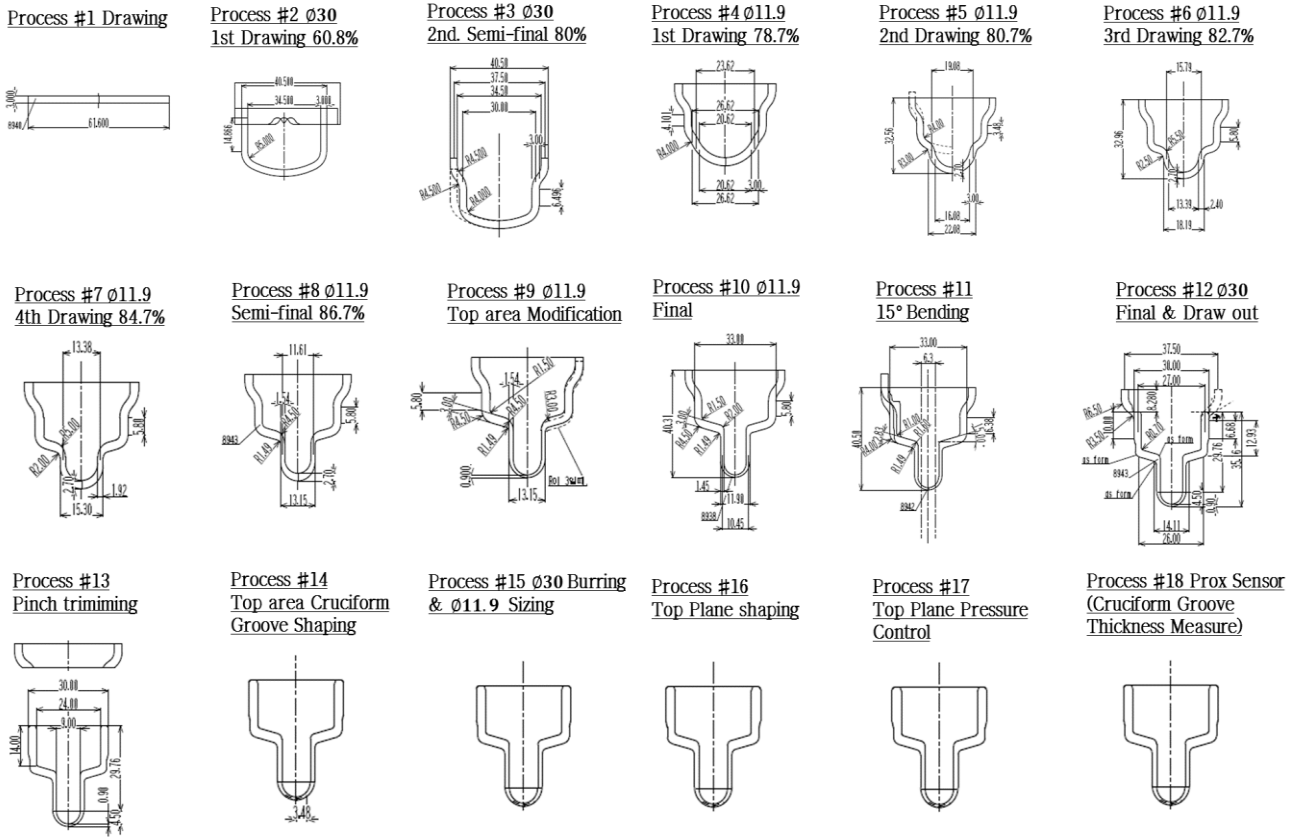


Fig. 6 Forming Layout of Airbag Inflator Cap

Diameter), 길이 등의 치수를 나타내며, Fig. 5는 인플레이터 캡의 십자 홈 부(Cruciform Groove)의 가공 치수를 나타낸다. Fig. 4에서 대단경의 경우 직경 30mm, 두께 3mm로 설계하였으며, 소단경의 경우 직경 9mm, 두께 1.45mm로 설계하였다. 그리고 십자 홈 부의 경우, 홈 길이 3.48mm, Fig. 5에서 십자 홈 부의 깊이 0.63mm, 홈 각도 93° 로 십자 홈 부 가공을 설계하였다. 설계 치수에 부합하는 인플레이터 캡을 제작하기 위해 총 18단계로 딥 드로잉, 프레스, 홈 부 가공, 홈 부 치수 검사를 포함하는 공정을 작성하였으며, Fig. 6에 해당 도면을 나타내었다. 그리고 해당 도면을 활용하여 드로잉, 프레스 공정에 한해서 해석을 실시하였다.

3. 금형 설계 및 해석

3.1 1차 금형 설계 및 해석

해석은 LS-Dyna 상용 해석 프로그램을 사용하여 수행되었으며, 홈 부 가공, 홈 부 두께 측정 등의 대단경, 소단경, 끝 단 두께 치수 형성과 관련이 없는 부분에 대해서는 실시하지 않았다.

Fig. 6의 18단계 공정 중 프레스 및 딥 드로잉을 통해 핵심 치수에 가장 큰 영향을 주는 공정 2, 3, 4, 5, 9, 12단계에 대한 해석을 Fig. 7에 나타내었다. 공정 2, 3, 4의 경우, 성형의 정밀도 확보와 재료 파단을 방지하기 위해 각 성형 공정을 두 과정으로 세분화하여 수행함으로써 서서히 설계에 가까워질 수 있도록 하였다.

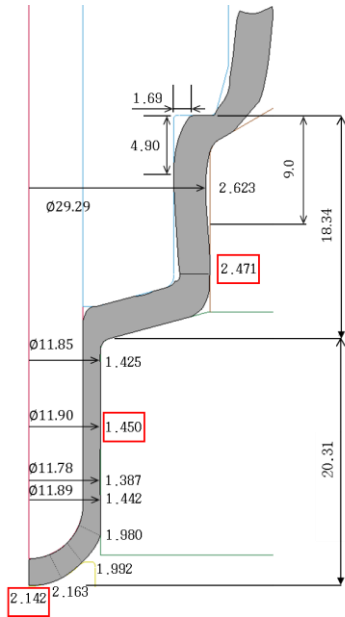


Fig. 8 1st Forming Analysis Result

우, 최소 2.471mm로 초기 설계 3mm에 비해 약 0.529mm 부족하였고, 홈 부 가공을 위한 소단경 끝단의 경우, 설계 1.03mm와 달리 약 1.980-2.142mm의 두께를 가져 가장 큰 차이를 보였다.

본 연구에서는 설계 치수와 해석 결과가 다르게 나타난 핵심 원인을 펀치 형상에 의한 것이라 판단하였다. 펀치의 형상이 Fig. 7에서 표시된 부분과 같이 상대적으로 급한 곡률을 가질 경우, 소재의 국소부분을 압축하면서 소재 이방성이 심하게 나타나 상부와 하부 방향으로 소재 부피가 급격히 인입되어 비록 설계 치수에 맞는 다이를 사용하여도 설계와 상이하게 나타나는 것이라 사료되었다. 이에 따라 더 완만한 곡률을 갖는 펀치로 공정을 수정하고, 소재가 성형됨에 따라 소재 부피가 상부 및 하부로 빠져나가는 것을 방지하기 위해 펀치를 다단경으로 구성하며, 다이를 상부에도 추가적으로 배치하여 소재가 금형과 펀치 내에서 성형되도록 하였다(Fig. 7 #9와 Fig. 9 #5' 참조).

3.2 2차 금형 설계 및 해석

1차 해석에서 나타난 문제점을 보완하여 Fig. 9와 같이 1차 해석에 펀치 형상 변경 및 추가 다이 설치를 반영하여 Fig. 7에서 해석한 공정에 대해 재차 해석을 실시하였다.

2차 해석 대단경 가공의 경우, Fig. 9 #3'과 같이 편

치를 2단경으로 교체하여 소재의 끝을 단힌 상태로 유지하며 성형할 수 있도록 하여 1차 해석에 비해 전반적으로 두꺼운 대단경을 성형한다. 또한 Fig. 7#4와 다르게 대단경 가장자리 제거를 위한 공정을 Fig. 9 #12-1'의 최종 공정으로 얹히고, 소단경 가공을 Fig. 9 #5'에서 먼저 실시하였다. 소단경 가공에서

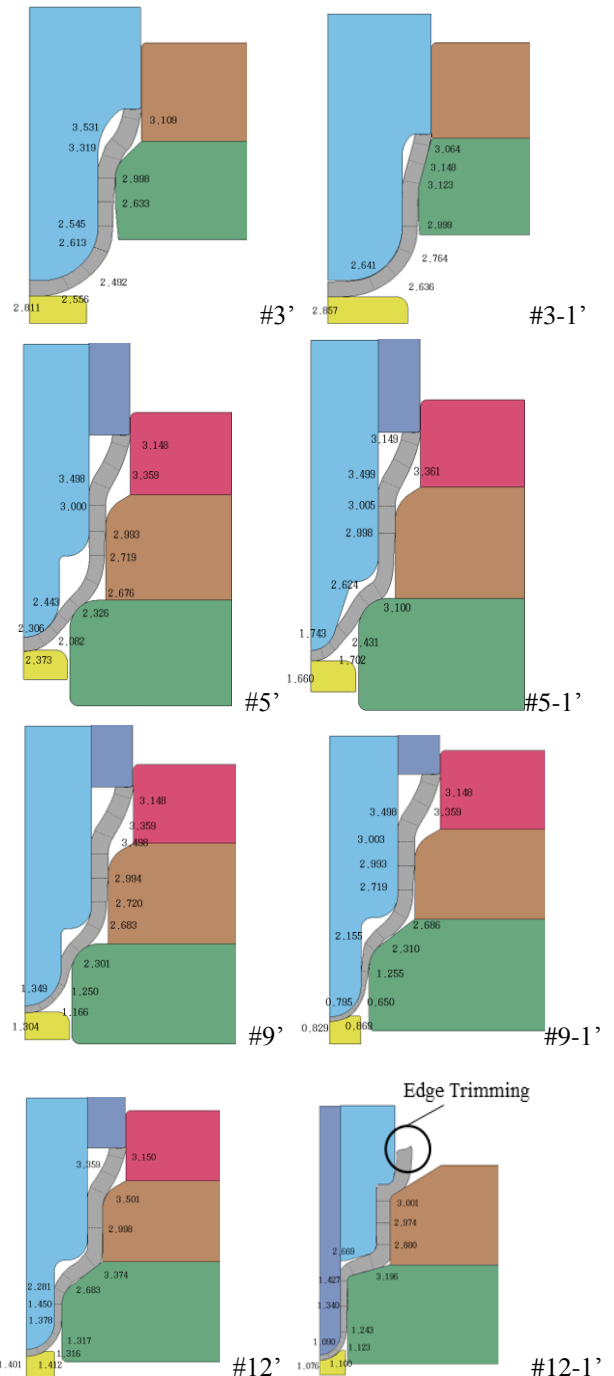


Fig. 9 2nd Forming Analysis of Airbag Inflator Cap

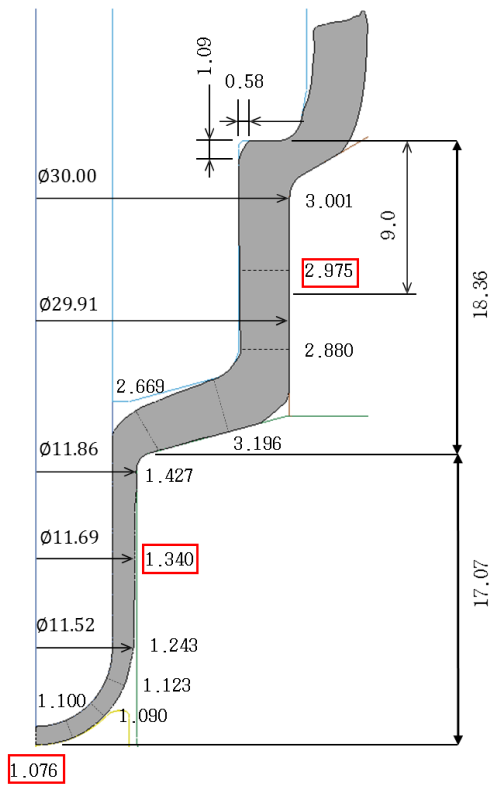


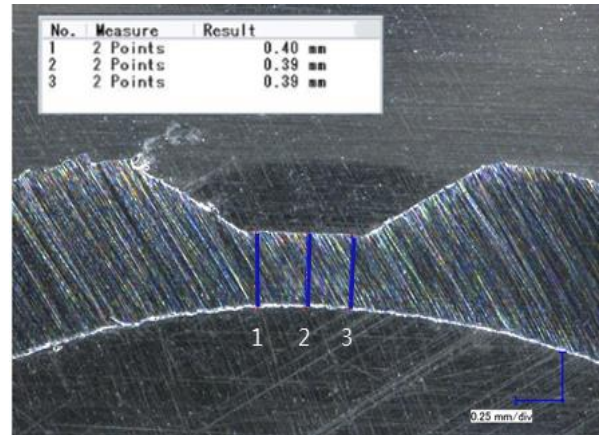
Fig. 10 2nd Forming Analysis Result

역시 펀치를 다단으로 구성하고 측부에 다이를 추가적으로 배치함으로써 단힌 상태에서 성형될 수 있도록 하였으며, Fig. 9 #5-1'과 같이 펀치의 형상을 더 완만하게 변경하여 성형이 더 많은 공정으로, 서서히 이루어 질 수 있도록 하였다. 이를 통해 Fig. 10 2차 성형 해석 결과를 얻을 수 있었으며, 대단경 두께의 경우 설계오차 0.06mm, 소단경 두께의 경우 설계오차 0.13mm 내에서 성형되어 1차 해석에 비해 높은 치수 정밀도를 가짐을 확인하였다. 이를 바탕으로 시제품을 제작하였으며 4장에서 가압 파열 시험(Pressurizing Burst Test)을 실시하였다.

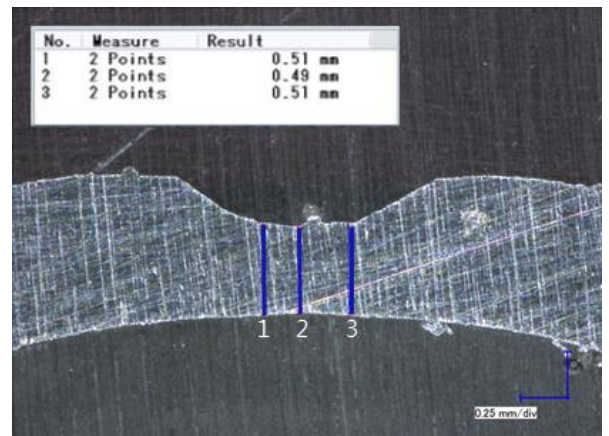
4. 시제품 검증

제작된 시제품(Prototype)을 바탕으로 대단경 측 입구와 가압파이프를 연결시킨 뒤 공기압을 급속으로 가하여 인플레이터 캡의 십자 홈 부가 어떤 압력 및 시간에서 파열되는지 확인하기 위해 가압 파열 시험을 진행하였다. 이를 시행하기에 앞서 무작위로 22개의 샘플을 기존 제품 및 제작된 시제품에

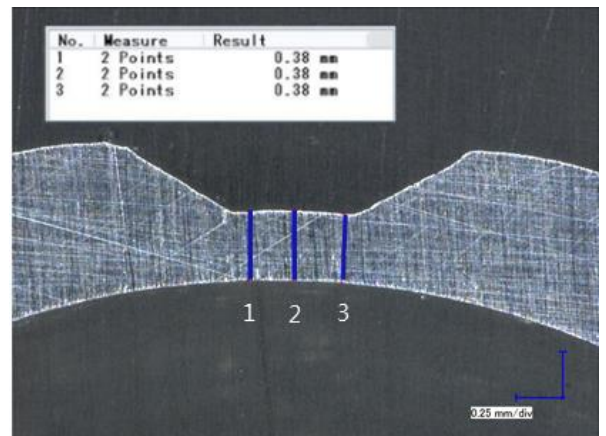
서 각각 추출하여 십자 홈 부의 두께를 측정하고, 각각의 경우에 두께 치수의 분포에 따라 얇은 두께



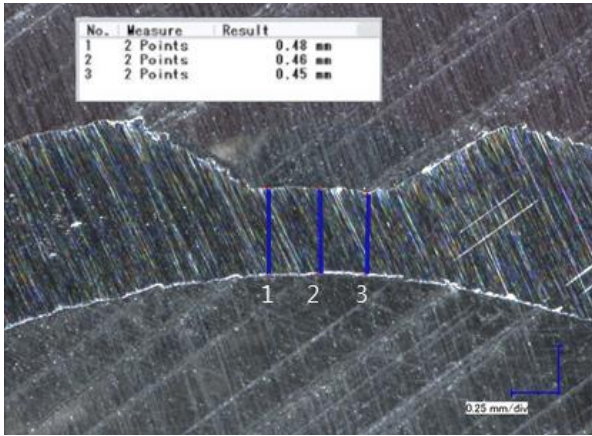
(a) Thickness Measurement of Prototype Lower Sample Limit, 0.40mm



(b) Thickness Measurement of Prototype Upper Sample Limit, 0.51mm



(c) Thickness Measurement of Baseline Lower Sample Limit, 0.38mm



(d) Thickness Measurement of Baseline Upper Sample Limit, 0.46mm

Fig. 11 Cruciform Thickness Measurements of Prototype and Baseline



Fig. 12 Prototype Samples After Pressurizing Burst Test

그룹(Lower Sample Limit, LSL)과 두꺼운 두께 그룹(Upper Sample Limit, USL)으로 분류하였다. 이와 같이 실험 대상을 분류한 것은 사실상 같은 공정으로 성형품을 제작하더라도 제작된 성형품 간 약 0.1mm 가량의 오차가 항상 발생하는 점을 고려하여 실험 측정값(압력)의 통계적 신뢰성을 높이기 위함이다. 한편, 두께의 측정은 Fig. 11과 같이 십자 홈 부를 기준으로 홈 부 좌측, 중앙, 우측에 각각 포인터를 두고 현미경으로 길이를 측정하였으며, 두께는 이 길이의 평균값으로 판단하였다. 이에 따라 제작된 시제품의 경우 최소 0.40mm에서 최대 0.51mm, 기존 제품의 경우 최소 0.38mm에서 최대 0.46mm의 두께 치수를 확인하였으며, 이 두 그룹을 대상으로 실험을 수행하였다.

Fig. 12는 가압 파열 시험 후, 대단경 측에서 가한 압력에 의해 인플레이터 캡 끝 단에 위치한 십자 홈 부가 파열된 사진이며, Fig. 13, 14에 파열 실험을 수행한 후, 각 제품에 걸리는 압력수준을 나타내는 파열 압력 선도를 나타내었다. Fig. 13 LSL 그룹 파열 압력과 Fig. 14 USL 그룹 파열 압력을 비교하면, 전반적으로 USL 그룹의 경우가 LSL 그룹의 파열 압력보다 높게 나타나며, 각 그룹의 평균압력과 표준편차를 Table 2에 정리하였다. 시제품의 경우, 평균 USL 파열 압력 25096 psi, 평균 LSL 파열 압력 21724 psi로 약 3372 psi 가량의 파열 압력 차이가 있으며, 기존 제품의 경우, 평균 USL 파열 압력 25224 psi, LSL 파열 압력 22128 psi로 약 3096 psi 의 차이를 알 수 있으므로 시제품과 기존 제품 각 경우 내에서 LSL과 USL의 차이는 각각 3372 psi, 3096 psi로 상당히 유사하다. 그리고 Fig. 14 USL 그룹의 경우, 기존 제품과 시제품의 파열 선도가 매우 유사한 경향을 띠어 기존의 제품을 충분히 대체할 수 있을 것으로 판단하였다. 그러나 Fig. 13 LSL 그룹의 경우, 각 경우 압력 선도의 일치율이 상대적으로 매우 낮았으며, 시제품과 기존제품의 파열 압력이 각각 22128 psi, 21724 psi로 약 404 psi 차이를 가져 USL 그룹의 경우 각각 25224 psi, 25096 psi로 차이가 약 128 psi인 것과 비교할 때 약 3배 이상의 차이를 보였다. 또한 Table 2의 LSL 시제품의 표준편차가 1666 psi로서 타 경우에 비해 매우 높음을 확인할 수 있었다. 본 연구에서는 LSL 그룹의 높은 표준편차를

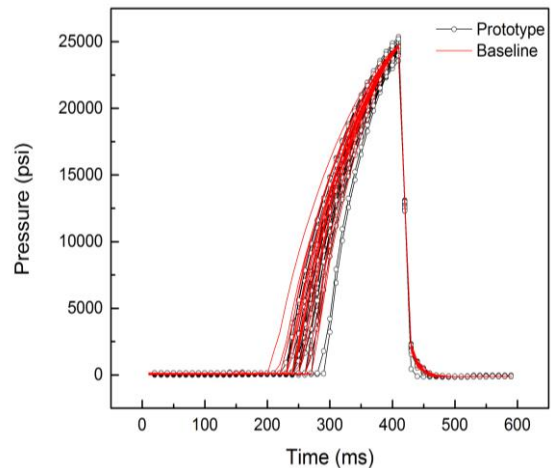


Fig. 13 LSL Pressure Profile

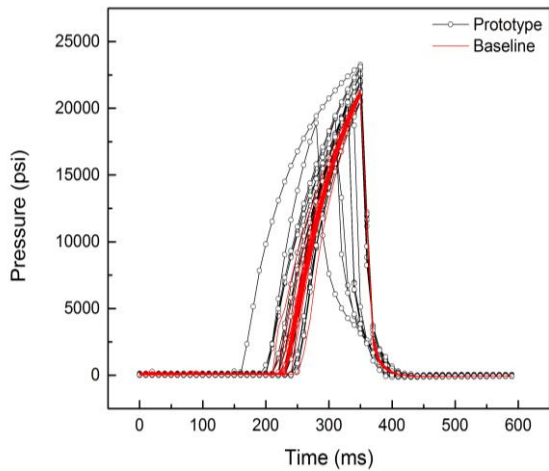


Fig. 14 USL Pressure Profile

Table 2 Summary of Pressure Profiles

| | Prototype | | Baseline | |
|------------------------------|-----------|-------|----------|-------|
| | LSL | USL | LSL | USL |
| Average Burst Pressure [psi] | 21724 | 25096 | 22128 | 25224 |
| Standard Deviation [psi] | 1666 | 414 | 108 | 88 |

두께 가공이 균일하게 이루어지지 않아 발생한 것으로 예상하였다. 그러나 시제품의 평균 파열 압력의 수준은 기존 제품과 유사하며, USL 그룹의 경우,

Table 3 Summary of Burst Time Profiles

| | Prototype | | Baseline | |
|---------------------------|-----------|--------|----------|--------|
| | LSL | USL | LSL | USL |
| Average Burst Time [msec] | 113.81 | 157.62 | 118.18 | 166.82 |
| Standard Deviation [msec] | 25.98 | 17.86 | 9.01 | 16.15 |

시제품과 기존 제품이 유사한 파열 압력을 가지며, 표준 편차 역시 낮아 양호하게 제작되었다고 볼 수 있다.

한편, 각 그룹에서 파열까지 걸린 시간을 Table 3에 정리하였다. 파열에 이르기까지 걸린 시간은 압

력이 캡에 가해지기 시작하여 2000 psi 이상이 되는 시점에서 최대 압력 수준에 도달한 후 점차 캡에 가해지는 압력이 감소하여 14000 psi 수준에 최초로 도달하는 시점까지의 시간 간격을 파열에 걸린 시간으로 파악하여 측정하였다. 먼저 Table 3에서 USL 그룹의 파열시간이 LSL 그룹의 파열시간에 비해 Prototype의 경우 43.81 msec, Baseline의 경우 48.64 msec 길게 나타나 십자 홈 부의 두께가 직접적으로 파열에 걸리는 시간에 영향을 미침을 확인할 수 있다. 그리고 기존 제품과 시제품의 평균 파열 시간을 비교했을 때, 기존 제품이 LSL 그룹의 경우 4.37 msec, USL 그룹의 경우 9.20 msec 가량 시제품에 비해 미세하게 긴 시간 동안, 가해지는 압력 하에서 파열없이 견딜 수 있는 것으로 파악되었다. 그리고 시제품이 기존 제품에 비해 높은 표준 편차가 나타남을 확인할 수 있었다. 특히 기존 제품 LSL 그룹의 경우, 9.01 msec의 표준편차를 갖는데 비해 시제품 LSL 그룹의 경우 25.98 msec를 가져 약 3배 가량 높은 표준편차를 보였다. 이러한 현상 역시 앞선 LSL 그룹 파열 압력 표준편차에 대한 해석과 같이 LSL 그룹의 시제품 제작 시 십자 홈 부 두께 성형이 균일하게 이루어지지 않은 것에 의한 것으로 예상하였다. 특징적으로 USL 그룹에서는 시제품과 기존제품 간 파열시간의 표준편차가 약 90% 일치하여 앞서 동일 경우의 파열 압력 표준 편차의 측면에서보다 두 그룹 간의 더 높은 유사성을 확인할 수 있었다.

가압 파열 시험을 통해 전반적으로 시제품과 기존 제품이 파열 압력과 파열 시간의 측면에서 유사한 경향성을 띠는 것을 확인할 수 있었으며, LSL 시제품 그룹의 경우 두 측면에서 표준 편차가 기존 제품 그룹에 비해 높게 나타나지만 시제품 샘플이 양산용 장비가 아닌 시장비로 제작되었음을 감안하면, 더 균일한 치수 정밀도를 갖도록 수정된 양산 전용 장비로 제작될 경우 충분히 기존 제품을 대체할 수 있을 것이라 판단하였다.

5. 결론

본 논문에서는 해외 소수 기업의 독점이 진행되어 있는 에어백 부품의 관련 시장 진출 및 기업 수출 확대의 일환으로 기존 제품을 대체하기 위해 에어백 인플레이터 캡 제작용 금형 설계와 해석, 시제품 제작 및 가압 파열 시험을 통한 제품 검증을 실

시하였다. 본 연구를 통해 수행된 과정과 도출된 결과를 아래와 같이 정리하였다.

1) 다단 원통 형태의 인플레이터 캡 제작을 위해 각 단경을 순차적으로 프레스 하여야 하므로 이동식 금형으로 설계하였고, 이를 바탕으로 1차 금형 설계를 진행하여 해석을 실시하였다. 1차 과정에서 발견된 치수 결함을 파악하여 편치 형상을 변경하고 금형을 추가하는 등 성형 공정을 수정하여 2차 공정 해석을 실시하였으며, 2차 해석 결과에서 나타난 치수 정밀도가 오차 범위 내로, 충분히 정밀한 치수를 가진다고 판단하여 이를 토대로 시제품을 제작하였다.

2) 앞서 설계된 공정을 바탕으로 시제품을 제작, 두께의 치수를 기준으로 LSL 그룹, USL 그룹으로 샘플을 나누어 시제품 샘플과 기존 제품 샘플에 대해 가압 파열 시험을 진행하였다. LSL 그룹의 경우 USL 그룹에 비해 파열 압력이 낮았고, 두께 및 파열 압력에 있어서 높은 표준편차를 보였다. 또한 파열 시간은 시제품과 기존 제품에 있어서 시제품이 미세하게 짧은 시간에 파열함을 확인하였고, LSL 시제품 그룹에서 높은 파열 시간 표준편차를 보였다. 본 논문에서는 이러한 현상을 두께 가공이 균일하게 이루어지지 못함에 따른 것이라 예상하고, 추후 이를 반영하여 양산 장비 설계 및 제작을 실시하여 높은 치수 균일성을 갖는 제품을 제작하여야 한다고 판단하였다.

3) 본 논문에서 이루어진 연구는 에어백 인플레이터 캡의 국산화를 위한 성형 기술 개발로서, 균일한 규격의 제품 양산까지 아직 이루어지지 않았지만, 성형 기술의 국산화의 측면에서 유의미한 연구라고 판단되며, 추후 이를 구체화하여 양산용 전용 장비 제작을 진행할 계획이다.

후 기

이 논문은 부산대학교 기본연구지원사업(2년)에 의하여 연구되었으며, 교신저자는 이에 감사드립니다. 또한 본 연구에 도움을 주신 Asahi Seiki Mfg. Co., 일광엔지니어링, 일광 캔테크, 일광 MCT, Autoliv에 감사드립니다.

REFERENCES

- [1] J. H. Jun, S. W. Namkung, 2016, Technical Trends for TAKATA Airbag Recall, *Auto. J.*, Vol. 38, No. 10, pp. 52~54.
- [2] D. H. Won, 2016, Takata Airbag Situation and Automobile Industry, <http://news.kotra.or.kr/user/globalAllBbs/kotranews/album/2/globalBbsDataAllView.do?dataIdx=149671>
- [3] S. K. Choi, J. S. Park, E. S. Lee, 2011, A Study on the Burst Pressure Analysis of Rupture Discs for Airbag Inflator, *KSAE Fall Conf 2011*, pp. 2055~2061.
- [4] H. M. Oh, W. C. Lim, J. W. Lee, Y. W. Yoon, 2011, A Study of the Rupture Disc for Curtain Airbag Inflator, *KSAE Fall Conf 2011*, pp. 2051~2054.
- [5] S. B. Kim, S. H. Kim, 2015, Fabrication and Thermal Ignition of Nanoenergetic Composite Powders for Airbag Inflator, *KSPE Spring Conf 2015*, pp. 245~247.
- [6] J. S. Lim, N. Y. Yoon, Y. S. Bang, 2016, Study on improvement of fidelity of CAE model for airbag misuse test with object rating method, *KSAE Spring Conf 2016*, pp. 838~843.
- [7] I. S. Park, K. W. Yun, K. J. Park, H. J. Kim, 2014, An Experimental Study on the Safety Performance of the Rear Safety Guard with Air Bag for Truck, *Trans. KSAE*, Vol. 22, No. 4, pp. 10~19.
- [8] T. W. Ku, H. Y. Kim, W. J. Song, B. S. Kang, 2008, Process Design and Finite Element Analysis of Rectangular Cup used for Ni-MH Battery with High Aspect Ratio, *Trans. Mater. Process*, Vol. 17, No. 3, pp. 170~181.
- [9] J. W. Park, T. W. Ku, B. S. Kang, 2013, Numerical Simulation for a Multi-Stage Deep Drawing of Anisotropic SUS409L Sheet into a Rectangular Cup, *Trans. Mater. Process*, Vol. 22, No. 3, pp. 133~142.
- [10] USCAR24 Inflator Technical Requirements and Validation, *SAE Int*, 2004
- [11] B. S. Kang, T. W. Ku, 2014, Process Modification and Numerical Simulation for an Outer Race of a CV Joint using Multi-Stage Cold Forging, *Trans. Mater. Process*, Vol. 23, No.4, pp. 211~220.
- [12] T. W. Ku, J. W. Park, S. C. Heo, B. S. Kang, 2010, Experimental Study on Non-Axisymmetric Rectangular Cup using Multi-Stage Deep Drawing Process, *Trans. Mater. Process*, Vol. 19, No. 4, pp. 253~262.