

## 자동차 승객용 에어백 하우징의 사출성형 해석 연구

최두열<sup>1</sup> · 박재일<sup>1</sup> · 홍석무<sup>1</sup> · 최계광<sup>1</sup> · 한성렬<sup>1,†</sup>

공주대학교 금형설계공학과<sup>1</sup>, †

## A study on passenger air bag housing by injection molding analysis

Doo-Yeol Choi<sup>1</sup> · Jae-Il Park<sup>1</sup> · Seok-Moo Hong<sup>1</sup> · Kye-Kwang Choi<sup>1</sup> · Seong-Ryeol Han<sup>1,†</sup>

Department of Metalmold Design Engineering, Kongju National University<sup>1,†</sup>

(Accepted November 23, 2015)

**Abstract:** Plastic material has been applied to many automobile parts with the automotive lightweighting trend. In this study, a passenger air bag(PAB) housing which is produced by steel material in the present were molded using a plastics material. Before design and making of a mold for the PAB housing molding, it was carried out injection molding analysis. By analyzing the deformation results, the correction dimension for mold designing was determined. The design and manufacturing the mold applied the correction dimension were conducted. It was performed actual injection molding. The warpage value of the PAB housing was similar to the warpage of the injection molding analysis.

**Key Words:** automotive lightweighting, passenger air bag housing, injection molding, warpage

### 1. 서 론

플라스틱 재료는 많은 장점을 가진 재료이다. 비록 환경오염 문제로 인한 사회적 이슈가 되고 있지만 재료가 가진 많은 장점으로 인하여 그 수요가 해마다 계속하여 증가하고 있다. 특히, 금속에 비교하여 경량이며, 한 번의 가공으로 완제품을 얻을 수 있는 장점이 있다. 이러한 장점은 자동차의 경량화와 추세와 더해져 자동차의 많은 부품이 플라스틱 부품으로 대체되고 있다<sup>[2]</sup>.

자동차의 경량화 문제는 많은 조사와 연구가 이루어져 왔으며, 그와 관련하여 많은 결과들이 양산되고 있다. 향후에도 차량 경량화와 관련하여 많은 연구가 지속될 것으로 생각 된다<sup>[3]</sup>.

이러한 추세와 관련하여 현재 스틸 재료로 제작되어 장착되고 있는 자동차 승객용 에어백 하우징을 플라스틱 재료로 변경하는 연구가 수행되었다. 연구를 위하여 플라스틱 재료의 가공을 위해서 사

출성형(injection molding) 방법이 사용되었다. 사출성형을 위한 금형설계는 사출성형 해석을 통한 데이터를 활용하여 수행되었다. 그리고 성형품의 변형 방지를 위하여 플라스틱 재료에 유리 섬유(glass fiber)가 첨가되었다<sup>[4]</sup>.

현재 플라스틱 차량 승객용 에어백(passenger air bag; PAB)은 유럽 및 해외 차량에 많이 적용되고 있으나 아직 우리나라에는 적용된 사례가 찾아보기 힘들다. 따라서 차량의 경량화 및 생산비 절감을 위하여 PAB 하우징을 플라스틱 재료를 사용하여 새롭게 개발하였다. 본 논문에서는 플라스틱 PAB 하우징의 개발의 위한 성형해석 과정을 소개하고자 한다.

### 2. 승객용 에어백 하우징

현재 차량 PAB 하우징은 대부분 스틸재료를 프레스 가공으로 만들어진 부품을 조립하여 생산된다. 따라서 사출성형 가공에 비하여 많은 생산비가 소요되고, 조립 제품의 중량도 플라스틱 재료에 비하

\* 교신저자 : 공주대학교 금형설계공학과  
E-mail: srhan@kongju.ac.kr

여 무겁다. Fig. 1(a)는 현재 사용되고 있는 스틸 PAB 하우징을 나타낸 것이다. Fig. 1(b)는 해외 차량에 장착되어 있는 플라스틱 PAB 하우징을 나타낸 것이다.

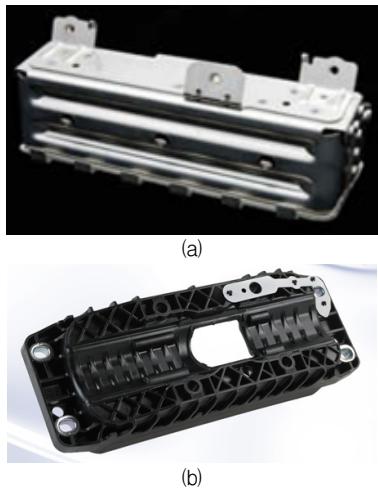


Fig. 1 Automotive passenger air bag housing

플라스틱 PAB 하우징은 에어백 터짐 시 하우징의 파손 방지를 위하여 하우징의 살 두께와 충분한 보강용 리브가 설치되어야 한다. Fig. 2는 앞서 언급한 하우징의 보강이 적용된 모델을 나타낸 것이다. 하우징의 재료는 PA6와 유리 섬유(glass fiber) 40%가 혼합된 플라스틱을 적용하였다.

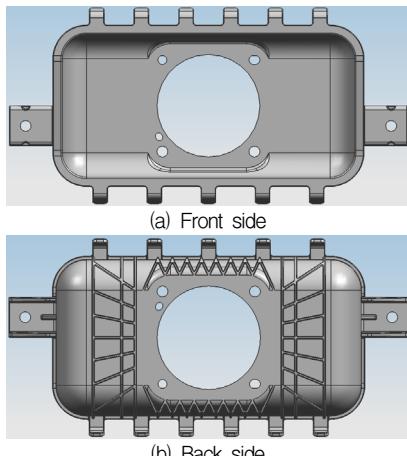


Fig. 2 Plastic PAB housing 3D model

### 3. 사출성형 해석

#### 3.1. 성형해석 모델

금형 설계를 위하여 우선적으로 사출성형 해석을 수행하였다. 사출성형 해석은 Autodesk사의 Moldflow Insight 2015를 이용하였다<sup>5)</sup>. Table 1은 사출성형 해석을 위한 성형조건을 나타낸 것이다. 보압(holding pressure)은 6초간, 4단계로 다단 적용하였다.

Table 1 Injection molding conditions for analysis

Condition	Unit	Value
Injection time	sec	4
Holding time	sec	6
Cooling time	sec	30
Melt temperature	°C	265
Mold temperature	°C	50

Fig. 3은 성형해석을 위한 해석 모델을 나타낸 것이다. 해석 모델은 3D 메쉬(mesh)로 구성되어 있으며, 메쉬의 개수는 539,053개이다. 금형의 냉각은 직선 채널과 베플(baffle)로 구성되어 있다. 직선 냉각 채널의 직경은 Ø10이며, 베플의 직경은 Ø15이다. 냉각수의 온도는 25°C로 설정하였다. 핫 런너(hot runner)를 이용하는 유동 시스템은 1개의 게이트로 구성하였다.

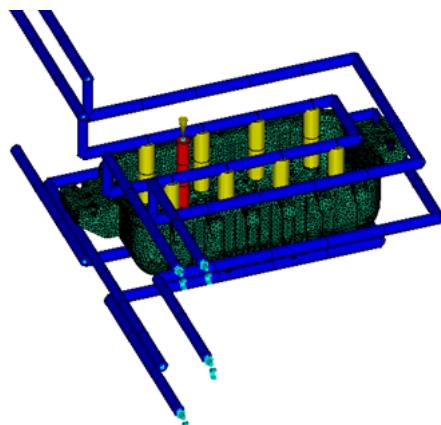


Fig. 3 3D model for injection molding analysis

#### 3.2. 성형해석 결과

Fig. 4는 사출시간을 나타낸 결과이다. 설정된 사출시간은 4초이나 용융수지의 압축성 때문에 순수한 사출시간은 4.25초 예측되었다.

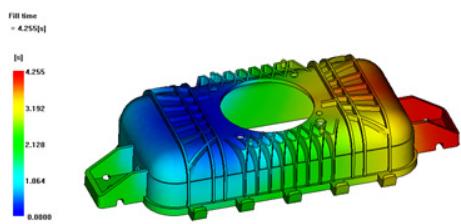


Fig. 4 Fill time result

Fig. 5는 유동선단의 수지 온도변화를 나타낸 것이다. 유동선단의 수지 온도는  $257.3 \sim 269.2^{\circ}\text{C}$ 로 특정 위치에서 온도의 급감은 발생하지 않았다.

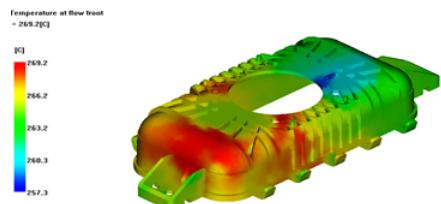


Fig. 5 Temperature at flow front result

Fig. 6은 성형품의 싱크 마크(sink mark) 결과를 나타낸 것이다. 최대 싱크 마크(sink mark)는 약 0.24 mm로 성형품의 살 두께가 가장 두꺼운 부분에서 발생하였다.

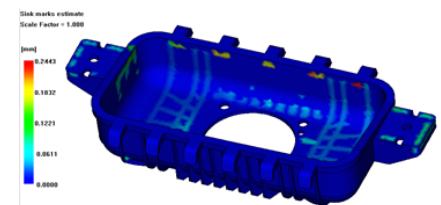


Fig. 6 Sink mark result

Fig. 7은 성형품의 웨드 라인(weld line)을 나타낸 결과이다. 게이트의 반대편에 웨드라인이 발생하는 것을 알 수 있다.

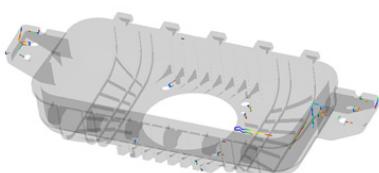


Fig. 7 Weld line result

Fig. 8은 성형품 내부의 유리 섬유의 배향(orientation)을 나타낸 결과이다. 웨드 라인이 발생하

는 부위의 배향이 서로 섞이지 못하고 성장하는 것을 알 수 있다.

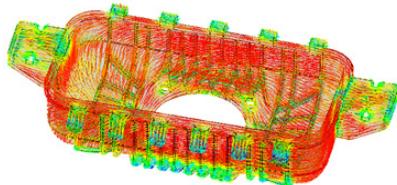


Fig. 8 Fiber orientation result

Fig. 9는 금형의 냉각수 온도 변화를 나타낸 결과이다. 입수되는 냉각수의 온도와 비교하여 출수되는 냉각수의 온도는 약  $1.0 \sim 1.4^{\circ}\text{C}$ 의 온도 상승이 발생하였다. 일반적으로 냉각수 온도 상승 범위는  $2 \sim 3^{\circ}\text{C}$ 가 적절하므로 해석상 냉각수 온도의 상승은 문제가 없음을 알 수 있다.

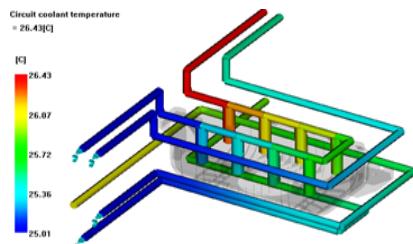


Fig. 9 Circuit coolant temperature result

Fig. 10은 성형품의 변형을 예측한 결과이다. 최대 변형은 성형품의 벽면에 발생하였다. 변형은 성형품의 벽면이 안쪽으로 발생하였다. 변형의 원인을 분석해 보면 수축차이에 의한 영향이 가장 크게 나타났다. 최대 변형은 1.46 mm로 나타났다.

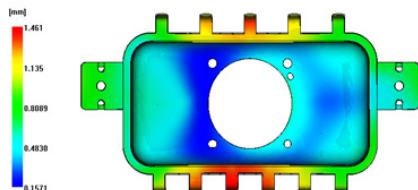


Fig. 10 Warpage result

Fig. 11은 사출성형 직후의 성형품의 내부 온도를 나타낸 결과이다. 성형 직후의 성형품 내부의 온도 차가 약  $10^{\circ}\text{C}$  이내가 적절하다. 그러나 본 해석의 경우 성형품의 살두께가 최대 6.0 mm로 매우 두꺼운 살 두께를 가지고 있다. 따라서 성형품 내부의 온도차가 약  $72^{\circ}\text{C}$ 에 달한다. 이러한 온도차에 의하여 성형품의 수축차이가 발생하고, 이는 다시 수축

차로 인한 변형이 발생할 것으로 생각된다.



Fig. 11 Different temperature in inside of molding

성형품의 최대 변형을 감안하여 설계되는 금형을 최대 변형이 발생하는 반대 방향으로 약 1 mm의 금형 보정을 결정하였다.

#### 4. PAB 사출성형

앞서 결정된 1 mm 보정 값을 적용한 성형품을 재설계 하였다. 재설계된 3D 모델에 대하여 앞서 실시한 사출 성형 해석과 동일한 조건으로 다시 사출 성형을 실시하였고, Fig. 12는 변형량 결과를 나타낸다. 제품 수정 전의 해석에서 최대 변형은 1.46 mm 이었다. 그러나 제품의 1 mm 보정 후의 최대 변형은 1.55 mm 이었다. 실제 보정값을 제외하면 성형 품의 변형은 0.55 mm 이다.

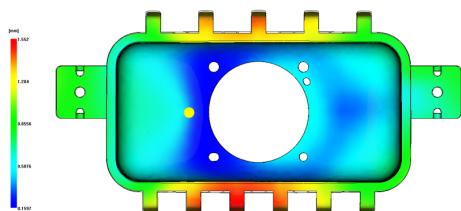


Fig. 12 Warpage result of 1 mm offset molding

이러한 변형값을 바탕으로 금형설계를 실시하였다. 설계된 금형에는 성형 해석과 같이 1 mm의 보정을 추가하였다. Fig. 13은 실제 사출성형을 실시하여 성형된 성형품을 나타낸 것이다. 성형품의 최대 변형은 0.4 mm로 금형 보정의 해석 값과 매우 근사치를 보였다.

최종 PAB 하우징 개발품은 현재 사용되고 있는 스틸 PAB 하우징과 비교하여 약 25%의 무게 절감이 예상된다. 그리고 제작비는 약 30%의 절감효과가 있을 것으로 예상된다.

향후에는 제품 살두께의 변경을 통하여 PAB 하우징의 중량을 감소시킬 것이며, 자동차사에서 인정

한 외산 플라스틱 재료를 대신하여 보다 저렴하면서 동일한 성능을 지닌 국산 플라스틱 재료를 사용하여 개발 연구를 진행할 예정이다.



Fig. 13 Passenger air bag housing molding

#### 5. 결론 및 토의

본 연구에서는 자동차의 경량화를 목적으로 기존의 스틸 재료에서 플라스틱 재료를 사용하여 승객용 에어백 하우징을 개발하였다. 개발 과정을 통하여 얻은 결과는 아래와 같다.

- 1) 사출성형 해석을 통하여 설정한 성형조건의 타당성을 검토하였다.
- 2) 사출성형 해석을 통하여 살두께가 두꺼운 성형품의 주요 변형 원인이 성형 직후의 성형품 내부의 온도차에 오는 수축 변형임을 알았다.
- 3) 성형품의 예상 변형 결과를 확인하고, 금형 설계에 적용할 금형 보정값을 제시하였다.
- 4) 제시된 금형의 보정 값을 적용한 금형을 설계, 제작하였으며, 실제 사출성형을 실시하여 PAB 하우징을 성형하였다. 성형된 PAB 성형품의 실제 변형값은 앞선 사출성형 해석의 변형값과 근사치를 보였다.

#### 후기

“이 논문은 공주대학교 신임교수 정착연구비에 의하여 연구되었음.”

#### 참고문헌

- 1) Han, S.R. The relation between injection molding conditions and gloss of ABS molding, Journal of the Korea Academia-Industrial, Vol. 14, No. 11, pp. 5352-5356, 2003.
- 2) Han, K.T., Jeong, Y.D., Goo, Y., Kim, B.T., Kim,

- H.J. and Han, S.R. A study on the filling imbalance of polyamide molding by Taguchi method, Journal of the Korean Society of Manufacturing Process Engineers, Vol. 3, No. 4, pp. 95-100, 2004..
- 3) Shida, R., Tsumuray, K., Nakatsuka, S. and Takahashi, J. Effect of automobile lightening by CFRP on the world energy saving, The Ninth Japan International SAMPE symposium, pp. 8 ~ 13, 2005.
- 4) Chun, D.M. and Ahn, S.H. Change of mechanical properties of injection molded glass-fiber-reinforced plastic (GFRP) according to temperature and water absorption for vehicle weight reduction, Trans. Korean Soc. Mech. Eng. A, Vol. 37, No. 2, pp. 199-204, 2013.
- 5) Park, C.W. A study on the injection molding process of the case of drum type washer using moldflow, Journal of the Korean Society of Marine Engineering, Vol. 33, No. 1, pp. 90-96, 2009.