

# 대형 사출금형의 성형시 발생하는 금형 휨에 관한 연구

황시현<sup>†</sup> · 김철규 · 심수길 · 정영득<sup>#</sup>

(주)신한금형 · 부경대학교 기계공학부

## A Study on the Deflection of Large Mold for Injection Molding

Si-Hyun Hwang<sup>†</sup> · Chul-Gyu Kim · Soo-Kil Shim · Yeong-Deug Jeong<sup>#</sup>

Shinhan Mold co., · Division of Mechanical Engineering, Pukyong National University

Abstract : Large injection molds commonly have molding defects such as flashes and variation of product thickness.

In this study, we conducted injection molding CAE analysis to find out the cavity pressure and structural analysis to find out mold deflection as input load conditions injection pressure obtained from injection molding analysis. As the results from CAE analysis, we found which element is the most effective on the mold deflection and we suggested a mold design to minimize the mold deflection.

Key Words : injection molding, structural analysis, bumper mold, deflection, flash, injection molding CAE

### 1. 서 론

사출성형은 금형의 캐비티 내에 용융수지를 고온, 고압의 상태로 사출하여 충전시킨 후, 이것을 냉각에 의해 고화시켜 소정의 성형품 형상을 얻을 수 있는 성형 방법으로 복잡한 제품형상을 단시간에 저가격으로 대량생산할 수 있는 플라스틱 성형방법 중의 하나이다. 이 사출성형의 적용을 확대하기 위해서는 성형품질을 저하시키는 성형불량을 감소시키는 것이 중요한 과제 중의 하나이다.

성형불량 중에는 플래쉬(flash)<sup>1)</sup> 발생과 성형품내의 살두께 변화가 있다. 플래쉬는 성형시에 Fig. 1과 같이 금형의 파팅면에서 금형 형판의 휨(deflection)에 의해 발생하는 틈새에 용융수지가 충전되어 이것이 성형품에 추가되는 수지의 잉여 고화부분이며, 또한 휨량이 가장 큰 중앙부위에서는 성형품의 살두께가 증가하여 제품내의 살두께의 변화가 생긴다.<sup>2)</sup>

본 연구는 대형 자동차 부품인 범퍼(bumper)를 성형하는 범퍼 성형용 금형에 작용하는 외력인 형체력과 성형압력이 금형의 변형에 어느 정도의 영향을 미치며, 이러한 변형을 최소화하는데 어떤 금형부재의 크기가 지배적인 영향을 주는 지를 알아보기 위해 사출성형 CAE와 구조해석 CAE를 툴(tool)로 사용하여 해석하고, 그 결과를 고찰하였다.

본 연구의 결과는 대형 범퍼류 금형의 설계를 위한 기초자료로 활용될 것이며, 기타 대형 사출금형의 설계시에도 그 활용이 기대된다.

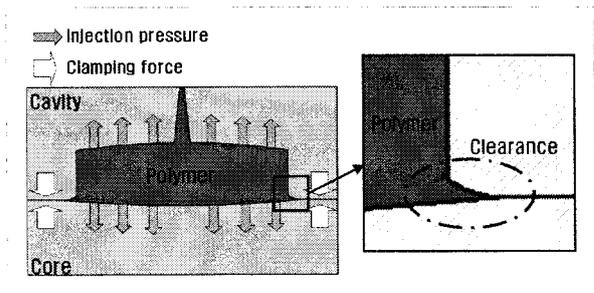


Fig. 1. Clearance by injection pressure

<sup>†</sup> (주)신한금형 기술연구소  
s21mc@chol.com

<sup>#</sup> 교신저자 : 부경대학교 기계공학부  
E-mail : ydjung@pknu.ac.kr

## 2. 사출성형 CAE 해석

본 연구의 대상 제품인 범퍼 성형품에 대해 미드 플레인 메쉬(midplane mesh)<sup>3)</sup> 모델을 작성한 후, 유동 해석을 위한 주요 성형조건은 Table 1과 같이 정하였으며, 성형품의 대상 수지는 TPO (Honam Petrochemical co. RX-13000)로 선정하였다.

Table 1. Injection conditions for CAE analysis

injection condition	Unit	Value
Mold temperature	℃	30
Melt temperature	℃	220
Injection time	sec	6.5
Packing time	sec	12
Cooling time	sec	21.5

유동해석은 충전시 다단계제를 적용하였으며, 해석결과 중 보압절환시 사출압력<sup>4)</sup>을 조사하여, 그것을 Fig. 2와 같이 5개 영역으로 나누어 각기 다른 입력하중값을 취하였다.

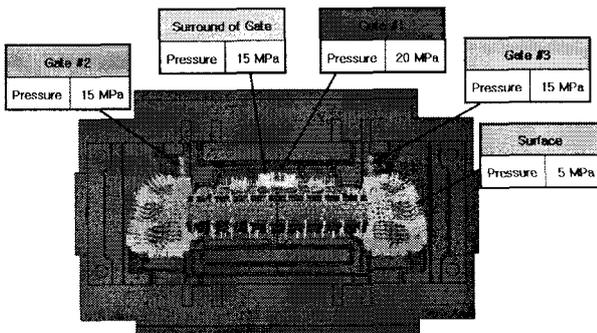


Fig. 2. Injection pressure distributions in the cavity

립면에는 접촉(mate) 구속조건으로 각 부품의 상관 관계를 정의하였다. 메쉬형식은 3차원(tetrahedral) 메쉬로 하였으며 총 메쉬 수는 240,534개이다.

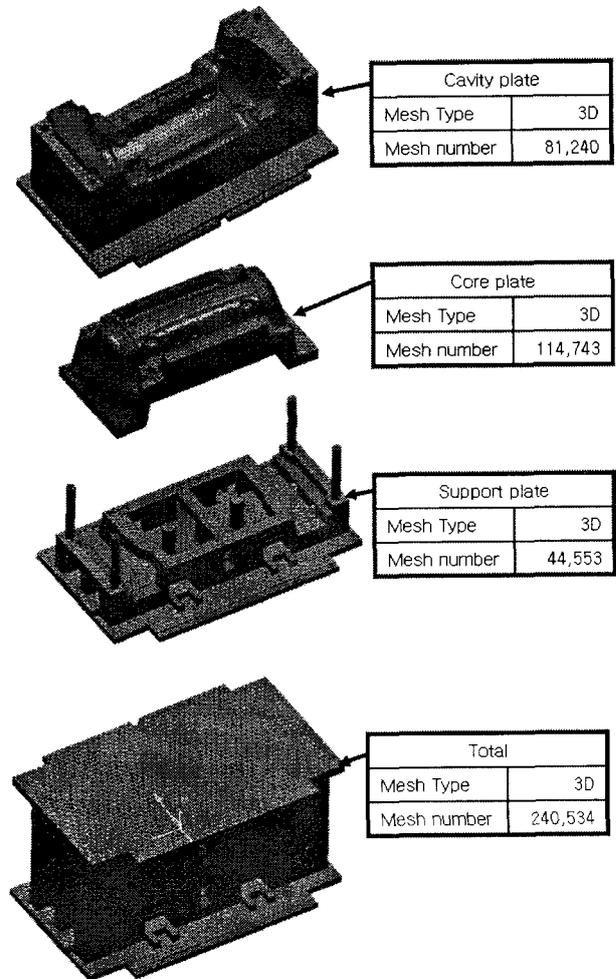


Fig. 3. Mesh models of bumper mold

## 3. 금형의 구조해석

### 3.1. 메쉬모델

본 연구에서는 해석프로그램으로 Unigraphics의 NX Nastran(Ver. NX4)을 이용하였으며, 작성한 금형의 형상 및 메쉬모델<sup>5)</sup>은 Fig. 3과 같이 캐비티 플레이트(cavity plate), 코어 플레이트(core plate) 및 서포트 플레이트(support plate)로 각 서브어셈블리로 분리하여 메쉬를 작성하였다. 서브어셈블리의 조

### 3.2. 구속조건 및 하중조건

구조해석을 위한 구속조건으로 상하측 설치판은 고정(fixed)하여 X, Y, Z축에 대한 이동 및 회전은 모두 고정하였다. 그 외 하중조건은 Fig. 2와 같이 5개 영역으로 지정된 사출압력값을 구분하여 하중값으로 설정하였다.

### 3.3. 해석결과

구조해석 결과 최대 변형량은 Fig. 4와 같이 코어 플레이트에 약 0.01915 mm로 나타났으며, 이 변형량

은 코어 전면부에 나타났으며 X 방향으로서는 최대 0.01 mm, Y 방향으로서는 최대 0.01 mm, Z 방향으로서는 금형 하측방향으로 최대 0.019 mm의 변형이 발생하였다.

캐비티 측에 발생하는 최대 변형량은 0.01294 mm의 변형이 발생하였으며, 그 부위는 캐비티의 양쪽 가장자리에 나타났다.

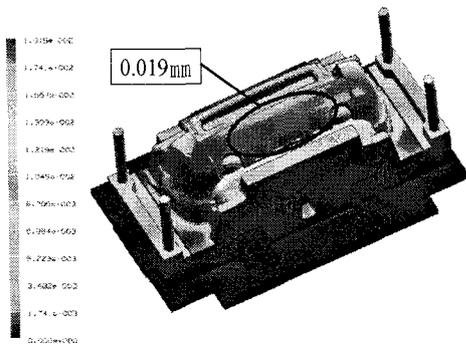


Fig. 4. Deflection of core plate sub ass'y

서포트 플레이트에서 최대 변형량은 Fig. 5와 같이 0.01750 mm로 발생하였으며, 이것은 금형 전체의 변형량에 가장 큰 영향을 미치고 있다. 만약 서포트 플레이트의 재료를 강성도가 높은 재료로 대체하거나 또는 받침봉 등의 크기를 더 크게 변경하면 전체 변형량을 대폭 감소시킬 수 있을 것으로 추측된다.

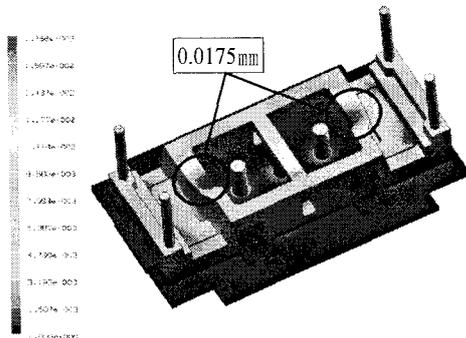


Fig. 5. Deflection of support plate sub ass'y

금형전체에 대한 발생응력은 최대 32.78 MPa로 나타났으며, 이것은 금형재(S45C/HP4)의 항복강도의 약 10 % 수준으로 매우 안정적이라고 판단된다. 최대응력의 발생 부위는 코어측의 범퍼 상면 모서리부에 발생하였다.

## 4. 변형량 감소를 위한 CAE 실험

### 4.1. 서포트 플레이트의 두께에 따른 변형량 감소

금형의 전체 변형에 가장 큰 영향을 미치는 서포트 플레이트(Fig. 6)의 두께  $t$ 를 기준 치수 100 mm에 10 mm씩 증가시켜 최대 변형량을 조사한 결과 그것의 변화추이는 Fig. 7과 같이 나타났다. 서포트 플레이트의 변형은 전체 변형량에 비례하며 서포트 플레이트의 두께 증가에 대한 변형량은 미미한 감소효과가 있으며, 두께가 130 mm이상으로 되면 그 감소효과는 매우 적어진다. 이 변형량의 감소효과는 두께를 40 mm정도 증가시켜도 전체 변형량의 약 3.5 %정도의 개선효과에 불과하다.

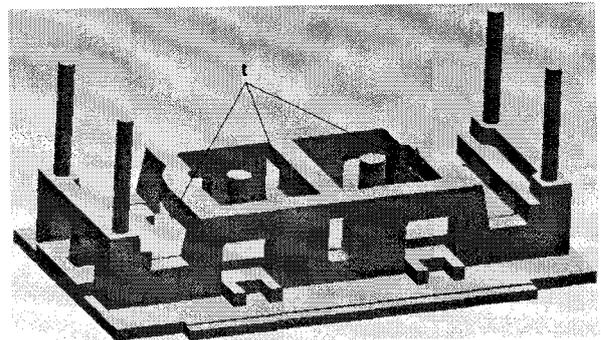


Fig. 6. A structure of support plate sub ass'y

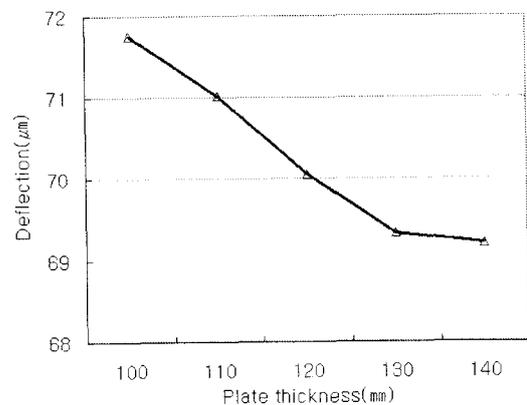


Fig. 7. Deflection variation according to support plate thickness

## 4.2. 받침봉 추가에 따른 변형량 감소

Fig. 8과 같이 서포트 플레이트의 양쪽 하측에 직경 120 mm의 받침봉을 추가로 설치하여 구조해석을 실시하고 그 변형량을 조사해 본 결과, 전체 변형량은 0.07488 mm로 나타났으며, 서포트 플레이트의 변형량은 0.06389 mm로 나타났다. 이와 같은 변형량의 감소는 전체 변형량 감소의 약 11 %의 개선효과를 나타내었다. 또한, 서포트 플레이트의 전후면에는 중량감소를 위해 대폭적인 살빼기를 하여도 전체 변형량에는 거의 영향을 주지 않음을 확인할 수 있었다.

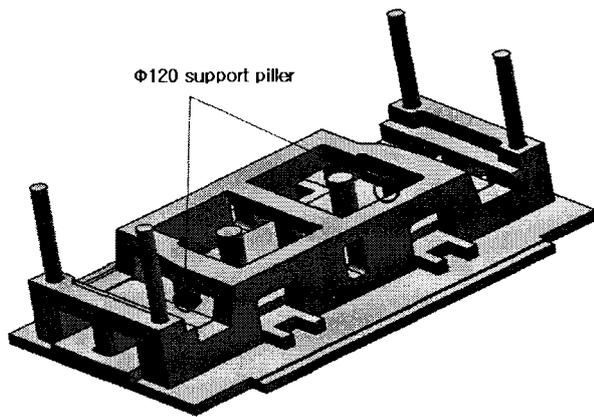


Fig. 8. Support plate assembly with 2 support pillar

## 5. 결론

본 연구는 대형 범퍼금형을 대상으로 사출성형 CAE 해석에서 얻은 캐비티 내의 사출압력을 구조해석의 하중조건으로 사용하여 해석을 수행하였으며, 해석결과 중에서 금형 전체변형의 크기를 조사하여 그것을 최소화하는데 관련되는 금형부재를 찾아내어 그 효과를 분석한 후 전체 금형의 변형을 최소화하는 금형구조를 제안하였으며, 그 주요 결과는 다음과 같다.

(1) 일반적인 범퍼 금형구조에서 코어 플레이트의 변형이 금형 전체 변형에 가장 크게 기여하였으며, 이것은 금형 전체 변형량과 동등한 값으로 나타났다.

(2) 금형 전체의 변형량을 최소화하기 위해서는 서포트 플레이트의 양측면 두께를 증가시키는 것보다는 양측면에 적정 크기의 받침봉을 지지하는 것이

더욱 효과적이다.

(3) 개선된 금형구조에 의해 제작한 범퍼 금형으로 플래쉬 발생 및 제품 두께 변화를 대폭 줄여서 범퍼 성형품질을 향상시킬 수 있었다.

## 참고문헌

- 1) John Shoemaker, "Moldflow Design Guide", Hanser, pp.228~229, 2006.
- 2) Hiroshi Koresawa et al, "A Study on Structural Analysis of Injection Mold", Die and Mould Technology, Vol. 22, No. 8, pp.82~83, 2007.
- 3) 정영득, "예제로 쉽게 배우는 사출성형 CAE", 도서출판 인터비전, pp.15, 2008.
- 4) 신남호, 오희성, 강승규, "CAE를 응용한 사출성형 최적화", 대광서림, pp.368, 2007.
- 4) <http://www.ugs.co.kr>