

## 자동차 범퍼금형에서의 게이트 형상이 제품 성형에 미치는 영향

황시현\*, 지성대, 김명기((주)신한금형 기술연구소), 권윤숙(부경대 대학원), 정영득(부경대 기계공학부)

### The effect of Gate type on Injection Molding of Automotive Bumper

S. H. Hwang(Shinhanmold. Co. LTD.), S. D. Ji(Shinhanmold. Co. LTD.), M. K. Kim(Shinhanmold. Co. LTD.), Y. S. Kwon(Mecha. Eng. Dept., PKNU), Y. D. Jeong(Mecha. Eng. Dept. PKNU)

#### ABSTRACT

Injection molding process is one of the processes that can mold plastic product as low cost. However, manufacturing process of automobile bumper mold has lots of trial and error. Especially, designing of a huge mold such as bumper mold is needed to establish a design standard for runner system. In this study, CAE was conducted to observe the variation of melt-flow by changing runner and gate type in automobile bumper mold as preceding study for a standard design of runner system.

**Key Words** : Bumper(범퍼), Runner system(러너시스템), CAE(사출성형해석), Gate(게이트), sink index(싱크 지수)

#### 1. 서론

사출성형은 플라스틱 제품<sup>1</sup>을 생산함에 있어 가장 중요한 프로세스로 대표된다. 또한, 사출성형은 원재료를 한번의 성형으로 제품을 만들 수 있기 때문에 자동차 범퍼와 같은 대형 제품을 생산하는데 적합한 성형공정이다.

대형 사출성형 제품인 자동차 범퍼는 신차 개발 시 주요 부품중의 하나로서, 제품설계에서 사출성형 CAE, 금형설계 제작, 시험사출성형의 과정<sup>2</sup>을 거치면서 금형수정 작업에 많은 시간과 비용이 발생하고 있어 금형수정작업의 최소화를 위한 대책이 절실한 실정이다. 주로 자동차용 범퍼 금형을 제작하고 있는 금형업체는 범퍼형상, 사용수지, 사출성형기 등의 입력조건이 주어졌을 경우에 유동시스템(delivery system)에 대한 설계 표준화를 설정하는 것이 금형의 제조원가를 인하 시키는 하나의 방안이 된다고 생각하여 표준화 작업을 모색하고 있다.

본 연구는 자동차용 범퍼금형의 러너시스템에 대한 설계 표준화를 위한 선행연구로서 각종 게이트의 크기와 형상이 범퍼 성형에 어떠한 영향을 미치는 지에 대해 상용 성형해석 프로그램 Moldflow를 이용하여 해석 실험하여 그 결과를 고찰 하였다.

해석 실험에 적용한 러너시스템은 Fig. 1의 메인 러너(A)와 보조 러너(B, B')로 하였으며 게이트는 사각게이트(rectangle gate), 사다리 게이트(taper gate), 원형 게이트(circular)로 시뮬레이션 한 결과 사각의 게이트가 가장 유동성이 좋은 것으로 채택하고 이는 같은 단면적에 기인한다.

본 연구에서의 성형성에 대한 평가는 충전시간, 소요사출압력, 형체력 및 수지상승온도<sup>3</sup> 등에 대해 평가하였다. 본 연구의 결과는 범퍼 성형품과 같은 대형 성형품에 적용할 게이트 설계의 표준화에 활용이 기대되며, 나아가 러너시스템의 설계 표준화에도 활용될 것으로 기대한다.

#### 2. 실험

##### 2.1 성형품 및 사출성형해석

본 연구에 사용한 제품은 일반적인 자동차 범퍼에 사용되는 살두께 3mm의 제품으로 Fig. 1과 같은 형상을 지니고 있다. A 부위를 메인 게이트라 하고, B와 B'를 서브게이트라 호칭하기로 한다.

상용 사출성형 해석프로그램인 몰드 플로우(Moldflow)를 사용하여 유동 충전을 시뮬레이션하고 러너형상의 변경과 게이트 크기<sup>3</sup> 및 두께의 변

화에 따른 해석 결과를 정리하여 당사의 금형설계의 표준화에 적용하기로 했다.

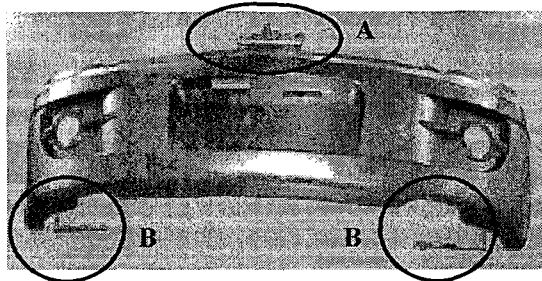


Fig. 1 Automotive bumper by test injection molding

## 2.2 실험장치 및 재료

실험에 사용된 사출성형기는 Fig. 2 와 같은 일본 Toshiba 사에서 제작한 직압식 수평형 IS 3000DF 을 사용하였으며, 최대 형체력은 3000ton 이다.

Fig. 3 은 본 실험에 사용된 금형으로 1560×2500×1370mm 크기이며, 1 개의 캐비티를 가지고 있으며, 3 개의 게이트를 사용하고 있다.

본 실험에 사용한 수지<sup>3</sup>는 기계적 물성 및 내충격성을 증진시키는 등 제반 물성의 균형을 유지시킨 엔지니어링 플라스틱으로 국내 L 사의 복합 PP LUPOL TE5109 를 사용하였으며, 물성치는 Table 1에 나타낸 것과 같다.

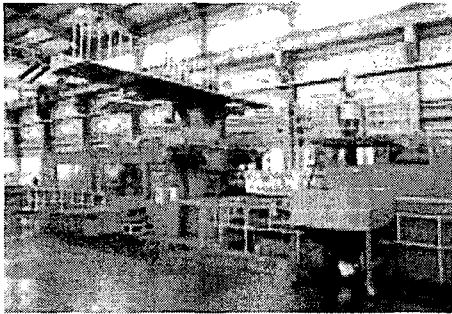


Fig. 2 Injection molding machine

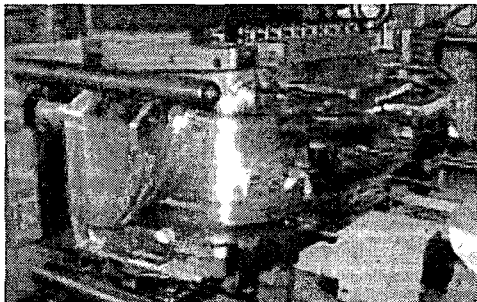


Fig. 3 Injection mold for molding the front bumper

Table 1 Polymer 물properties used in experiment

Test Item	Test Method	Unit	Measurement
Flow Index	ASTM D 1238	g/10min	15
Density	ASTM D 792	Kg/cm <sup>3</sup>	0.97
Tensile Strength	ASTM D 638	Kg/cm <sup>2</sup>	180
Mold Shrinkage	ASTM D 955	%	0.9 ~ 1.1
Heat Strain Temperature	ASTM D 955	°C	115

## 3. 결과 및 고찰

### 3.1 러너형상에 따른 결과

본 연구에 사용한 러너형상은 원형, 사다리꼴, 반원 형상에 따른 결과를 정리한 결과를 Table 2 에 나타내었다.

그 동안 당사에서는 Fig.1 의 A 부위의 러너는 사다리꼴(16×12×8mm)또는 원형의 형상을 적용해 왔으며 게이트는 필름 게이트, 팬 게이트와 이의 변형된 형태를 사용해 왔으며, B 와 B' 은 사다리꼴의 러너에 사각(7×2mm)의 게이트의 보조러너를 사용하고 있다. 이를 대상으로 반원형상을 우선 해석을 한 결과는 Table 2 와 같이 충전시간 4.56sec 사출압력 약 64Mpa, 소요 형체력은 약 2400ton 으로 거의 차이를 발견 할 수 없다. 따라서 주 러너는 원형러너와 필름 게이트를 금형 설계 표준의 대상으로 선정하며, 보조러너는 범퍼형상의 특성상 주러너의 스프루 부위와 높이 차이가 많으며 금형 파팅면이 곡면을 이루는 점 등을 고려하여 가공 측면에서 사다리형상 설계표준으로 우선 선정하였다.

Table 2 Result of simulation each types

	Injection Time(sec)	Pressure (Mpa)	Clamp force(ton)
Trapezoidal	4.56	64.00	2431.8
Circular	4.54	63.97	2429.6
Half-Circular	4.55	63.04	2377.3

### 3.2 게이트 크기 및 두께의 변화에 따른 성형성

3.1 절에서 금형설계의 표준 대상으로 선정 한 주러너를 대상으로 Fig.4 의 게이트<sup>4</sup> 두께 t 와 폭 w 를 변경시켜 유동 해석한 결과가 충전시간, 소요압력, 형체력 등에 미치는 영향을 조사하였다.

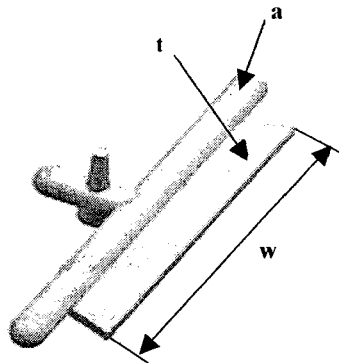


Fig. 4 Specifications for main runner

이 때 두께  $t$  는 1.5mm, 2.0mm, 2.5mm 로 변화시켰으며 게이트 폭  $w$  는 150mm, 200mm, 250mm 로 변화시켰으며, 러너 직경은  $\phi 16$ mm 로 고정시켜 성형 해석한 결과는 Table 3 과 같다. 이때 보조러너는  $16 \times 12 \times 8$ mm 의 사다리 형상으로 게이트는  $7 \times 2$ mm 로 사이드 게이트로 고정 시켰다.

해석결과는 Table 3 을 살펴보면<sup>5</sup> 게이트 길이 ( $w$ )가 증가 할수록 사출 압력은 약간 감소하나 형체력은 증가하는 경향을 나타내었지만 거의 차이가 없다고 할 수 있다.

게이트 두께( $t$ )가 증가 할수록 웰드라인이 메인 게이트에서 떨어져서 발생하였고 이는 게이트 두께( $t$ )가 수지가 증가 할수록 메인 게이트에서의 수지 유동량의 증가로 발생하는 것으로 판단된다.

Table 3 Results of simulation for gate thickness and width

	Injection Time(sec)	Pressure (Mpa)	Clamp force(ton)
$t=1.5$ mm $w=150$ mm	4.55	63.55	2374.1
$t=1.5$ mm $w=200$ mm	4.55	63.37	2387.3
$t=1.5$ mm $w=250$ mm	4.54	63.22	2404.5
$t=2$ mm $w=150$ mm	4.55	63.38	2384.7
$t=2$ mm $w=200$ mm	4.55	63.22	2394.9
$t=2$ mm $w=250$ mm	4.55	63.04	2410.3
$t=2.5$ mm $w=150$ mm	4.55	63.28	2386.5
$t=2.5$ mm $w=200$ mm	4.55	63.14	2399.4

$t=2.5$ mm $w=250$ mm	4.54	62.95	2407.8
--------------------------	------	-------	--------

Table 3 의 결과를 고려 했을 때, 다시 게이트 및 러너의 형상 및 크기에 다른 변수가 필요하여 게이트의 폭( $w$ ) 부분을 150mm, 250mm 로 변화 시키고 게이트( $t$ )의 형상의 두께를 1.5mm, 1mm 로 변화를 주었다.

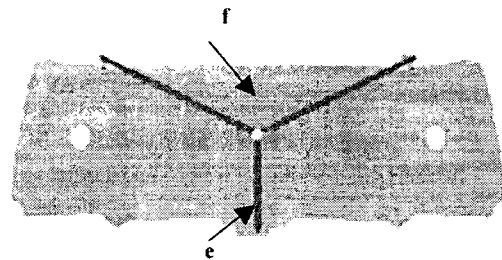


Fig. 5. The locations for measuring data

Fig. 5 에서 보여지는 형상의 2 개의 노트( $e$ ,  $f$  지점)의 위치에서 아래의 Table 4 에서 보여지는 것과 같은 충전 시간(filling time), 압력(pressure), skink index 의 값을 조사하였다.

Case1 의 경우는 러너부위를  $\phi 10$ , 두께 1.5mm, 폭 150mm 으로 정하였으며, Case2 의 경우는 러너  $\phi 10$ , 두께 1mm, 폭 150mm, Case3 경우는 원형러너 부위를 모두 평면 형상으로 하였으며, 두께 1.5mm, 폭 250mm 으로 정하였으며, Case4 는 러너부위 없이 폭전체 두께를 제품과 맞는 부분을 1mm 로 하고 나머지 부분은 2mm 로 해석한 결과 이다.

위에서 보여지는 결과 충전시간, 압력은 큰 차이를 보이지 않았으나, 싱크마크의 값은 크게 차이가 나타남을 보이므로 이는 위쪽으로 수축이나 휨이 발생함을 알 수 있다.

Table 4 Results for alternate gate type

	Fill time (sec)	Pressure (MPa)	Sink index (%)
Case 1	2.560	45.66	0.3356
Case 2	2.617	45.42	0.3401
Case 3	2.577	45.60	0.3360
Case 4	2.988	43.67	0.3393

얇은 게이트의 형상에서 가장 압력이 높은 게이트 부분을 제외하고 가장 싱크의 값이 높은 충전 시간과 압력의 값을 얻을 수 있었다.

이는 Table 3 에서 얻은 결과와 달리 좁은 게이트를 통과 할 때 많은 압력 손실을 초래하고 충전 또한 균일 하지 않음을 알 수 있다.

그러므로 이는 메인 게이트의 역할을 제대로 수행하지 못하고 보조 게이트에서의 충전이 많이 발생함을 알 수 있다.

이는 균일한 유동 충전 패턴을 얻을 수 없을 뿐 아니라 유동의 정체 현상<sup>6,7</sup>이나 역류현상을 발생함을 시뮬레이션을 통하여 알 수 있다.

#### 4. 결론

본 연구는 자동차용 범퍼금형의 설계시 활용 할 수 있는 유동시스템의 표준화를 위한 선행연구로서 러너 및 게이트의 형상과 크기가 성형성에 미치는 영향에 대해 성형해석 프로그램을 통해 실험하고 고찰한 결과 다음과 같은 결과를 얻을 수 있었다.

- (1) 메인 러너는 원형 형상으로 하고 게이트는 팬 게이트와 필름 게이트를 병행 하는 것으로 하고, 보조 게이트는 사다리 형상과 사이드 게이트로 설계표준의 대상으로 선정하는 것이 유리하다.
- (2) 메인 러너에서 원형 러너 부위가 없이 바로 사각 게이트를 채용하는 러너시스템은 사출압력과 싱크마크 등의 결과로 볼 때 표준화의 대상에서 제외 시켜는 것이 유리하다.
- (3) 위의 결과는 성형해석에 의한 결과이므로, 향후 시험 사출성형을 통한 연구의 보완이 필요하다.

#### 참고문헌

1. J.L. Wu, S. J. Chen, and R Malloy, "Development of an On-Line Cavity Pressure- Based Export System for Injection Molding Process," ANTEC, 1991.
2. C. Liu and L. T. Manzione, "Process Studies in Precision Injection Molding I: Process Parameters and Precision," Polymer Eng. & Sci., Vol. 36, No. 1, 1996.
3. C. Liu and L. T. Manzione, "process Studies in Precision Injection Molding. II: morphology and Precision in Liquid Crystal Polymers," Polymer Eng. & Sci., Vol. 36, No. 1, 1996.
4. V.Leo and Ch. Cuveliez, "The Effect of the Parking Parameters, Gate Geometry, And Mold Elasticity on the Final Dimensions of a Molded Part,?" Polymer Eng. & Sci., Vol. 36, NO. 15, 1996.
5. Suzanne L. B. Woll, Douglas J. Cooper and Blair V. Souder, "Online Pattern-Based Part Quality monitoring of the Injection Molding Process," Polymer Eng. & Sci., Vol. 36, No. 11, 1996.
6. Suzanne L. B. Woll, Douglas J. Cooper and Blair V. Souder, "Pattern-Based Closed-Loop Quality Control

for the Injection Molding Process," Polymer Eng. & Sci., Vol. 37, No. 5, 1997.

7. Russel G. Speight, "Optimization of Velocity to Preseure Phase Tranfer for the Polymer Injection Molding Process," J. of Injection Molding Tech, March, Vol. 1, 1997.