

## 고형상비를 갖는 플라스틱제품의 냉각해석에 관한 연구

황시현<sup>†</sup> · 서기영 · 김철규 · 김명기 · 지성대 · 정영득

(주)신한금형 기술연구소 · 부경대학교 기계공학부  
(2007. 11. 30. 접수 / 2008. 2. 28. 채택)

### A study on the cooling analysis of plastic products with high aspect ratio

Si-Hyun Hwang<sup>†</sup> · Gi-Yeong Seo · Chul-Kyu Kim · Meong-Gi Kim · Seong-Dae Ji · Yeong-Deuk Jung

Shin-han Mold CO, Pukyong National University  
(Received November 30, 2007 / Accepted February 28, 2008)

**Abstract** : Injection molding is representative process of plastic production. Most of numerical analyses for injection molding have been based on the Hele Shaw's approximation: two-dimensional flow analysis. The present work covers numerical analyses of injection molding using three-dimensional solid elements. The accuracy of the analysis results has been verified through some numerical examples in comparison with the various conditions. In this study, moldflow software was used to analyze the cooling analysis. The results of cooling analysis and testing catapult were compared for plastic products.

**Key Words** : Heat transform temperature, cooling channel, baffle, injection molding, high aspect ratio

## 1. 서 론

사출성형은 플라스틱 제품을 생산함에 있어 가장 중요한 프로세스로 대표된다. 또한, 사출성형은 원 재료를 한 번의 성형으로 제품을 만들 수 있기 때문에 자동차 범퍼와 같은 대형 제품을 생산하는데 적합한 성형공정이다. 이러한, 플라스틱 제품의 제조 비용 절감을 위해, 성형 사이클의 단축이 요청 되고 있다. 이는 냉각이 전체 사이클 타임(Cycle time)에서 차지하는 비율이 60% 이상 차지하며, 생산성 및 품질에 직접적 영향을 주기 때문이다. 사이클 타임 단축을 위해서는 플라스틱 제품의 두께를 얇게 하는 것이 유효하지만, 성형품에 있어서 강도와 고품질의 확보와 동시에 제품 두께를 얇게 하는 것에도 한계가 있다. 이런 이유로 금형메이커로서는 금형구조에 심혈을 기울여, 냉각회로의 능력향상에 따른 사이클 타임 단축을 제안하고 있다.[1,2]

생산성 향상 및 사이클 타임 단축을 위해서는 성형해석이 필요 하지만, 일반적으로 냉각해석을 하지 않은 충전 해석은 금형의 온도는 전체적으로 같다고 가정하여 계산하며, 실제의 금형에서는 냉각회로

를 흐르는 매체의 온도, 그 거리와 냉각라인 직경, 제품 형상, 금형구조, 강제의 종류에 의해 온도분포는 실제와 다소 차이를 보인다. 냉각 해석을 실시하지 않는 해석결과에서의 변형은 허용범의 내였지만, 실제의 성형품에서는 허용할 수 없는 변형이 발생하는 경우가 종종 발생한다. 이에 금형을 제작하는데 있어 설계안의 하나로서, 냉각해석은 상당히 중요하다.[3]

본 연구는 대형 금형의 냉각라인의 선행 연구로서 냉각라인의 크기와 형상이 성형에 어떠한 영향을 미치는가에 상용 해석 프로그램인 몰드플로우(Moldflow)를 이용하여 알아보았으며, 또한 냉각 해석한 결과와 실제 시험 사출성형 한 결과를 비교 분석하여 그 차이점에 대해 분석 고찰 하였다.

## 2. 실 험

### 2.1 성형품 및 사출성형해석

본 연구에 사용한 제품은 자동차부품으로 사용되는 살두께 3 mm의 플라스틱 제품으로 Fig. 1과 같은 형상으로 185 × 2,000 mm의 크기를 가지며, 가

로 세로 길이의 비가 약 11 정도가 되는 고형상비의 제품이다. 상용 사출성형 해석프로그램인 몰드플로우를 사용하여 냉각라인의 위치 변경에 따른 해석 결과를 정리 하였다.



Fig. 1 The product used in the experiment



Fig. 2 Injection molding machine

## 2.2 실험장치 및 재료

실험에 사용된 사출성형기는 Fig. 2와 같은 일본 Toshiba사에서 제작한 직압식 수평형모델 IS 3000DT을 사용하였으며, 최대 형체력은 3000ton이다. 본 실험에 사용된 금형은 2600×1560×1040 mm 크기이며, 2개의 캐비티를 가지고 있으며, 각 캐비티마다 3개의 게이트를 사용하고 있다. 본 실험에 사용한 수지[4]는 기계적 물성 및 내충격성을 증진시키는 등 제반 물성의 균형을 유지시킨 엔지니어링 플라스틱으로 국내 S사의 복합 PP RI84C를 사용하였으며, 물성치는 Table 1에 나타난 것과 같다.

## 2.3 냉각수 라인의 개선 설계

Fig. 3(a)는 기존의 냉각수 라인의 배치 설계이며, Fig. 3(b)는 이를 금형 캐비티의 온도분포를 균등하게 하기 위한 설계이다. 개선된 냉각수 라인 배치를 소위 정삼각형 배치라 부른다.[5]

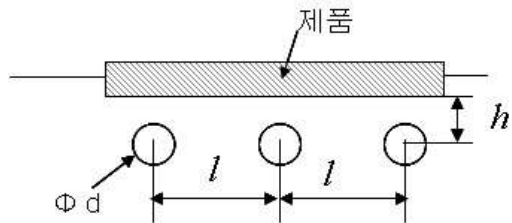
## 2.3 냉각수 라인의 개선 설계

Fig. 3(a)는 기존의 냉각수 라인의 배치 설계이며, Fig. 3(b)는 이를 금형 캐비티의 온도분포를 균등하게 하기 위한 설계이다. 개선된 냉각수 라인 배치를

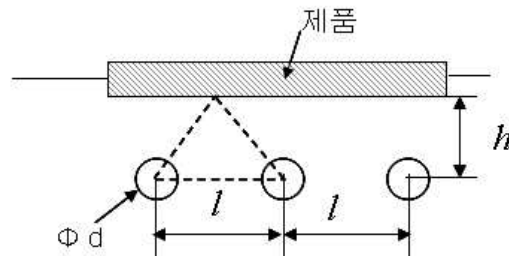
소위 정삼각형 배치라 부른다.[5]

Table 1 Polymer's properties used in experiment

Test Item	Test Method	Unit	Measurement
Flow Index	ISO R1133	g/10min	27
Density	ISO R1183	g/cm <sup>3</sup>	1.01
Tensile Strength at Yield	ISO R527	Kg/cm <sup>2</sup>	200
Flexural Modulus	ISO R178	Kg/cm <sup>2</sup>	16,300
Mold Shinkage	SGC Method	1/1000	8.0 ± 1.0
Heat Transform Temperature	ISO R75	°C	117



(a)  $h \ll l$



(b) 정삼각형 배치설계

Fig. 3 Layout for cooling channel

## 3. 결과 및 고찰

### 3.1 냉각수 라인에 따른 변형

본 연구에 사용한 냉각라인 Fig. 3과 같이 구성되어 있다. Fig. 4 (c)는 개선된 냉각라인이며, Fig. 4

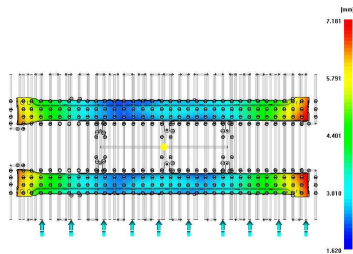
(a)는 일반적으로 적용되고 있고 있는 냉각라인을 나타낸 것이며, Fig. 4 (b)은 기존의 냉각라인을 나타내었다. Fig. 4 (a)는 상측 7개존(zone), 하측 10개존, (b)는 상측 4개존, 하측 7개존, (c)는 상측 10개존, 하측 10개존으로 구성되어 있으며, 냉각 채널(channel)은 15mm, 배플(baffle) 28mm이며, 1개의 존은 냉각수가 입수와 배수가 완료되는 것으로 구성된다.

성형해석 결과 제품의 변형량은 냉각라인을 Fig. 4의 (c)타입으로 개선하였을 경우가 가장 작게 나타났다. 그 이유는 냉각수 라인의 증설 및 게이트 근처에 배플 추가로 인한 금형온도 분포를 보다 균등하게 설계한 결과라고 생각한다.

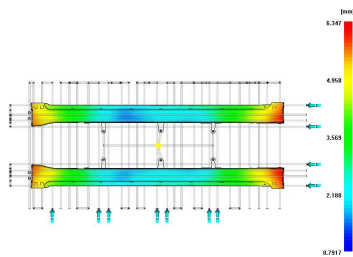
Fig. 4와 Table 2의 변형부분의 결과를 보면 변형량이 (a)가 가장 크게, 다음으로 (b), (c)순으로 나타났다. 이는 변화량이 큰 Fig.3의 (a)의 경우는 냉각라인은 모두 세로로 배열된 일반적인 방법으로 (b)와 (c)에 비하여 냉각 효율이 떨어지는 것을 나타낸다.

### 3.2 냉각수 라인에 따른 금형온도

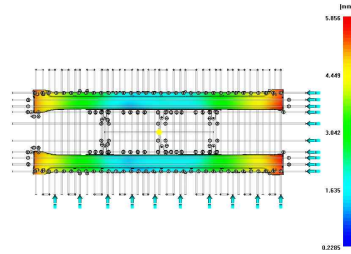
Fig. 5는 냉각해석을 하여 얻어진 금형 온도 분포를 나타낸 것으로 온도는 (a)의 경우가 가장 높은 온도를 보이며, 다음이 (b), (c)순으로 낮게 나타났다. Fig. 5는 금형온도 결과를 나타낸 것으로, 개선된 냉각라인 (c)에서 가장 균형적인 금형온도 분포를 보여주고 있다.



(a) General cooling line

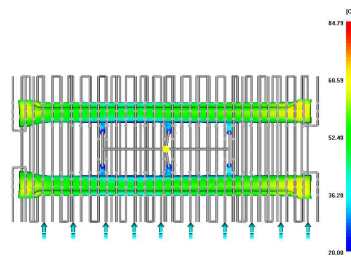


(b) The cooling line of first design

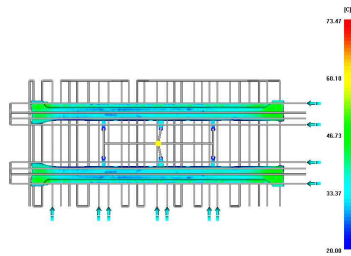


(c) Cooling line of improved design

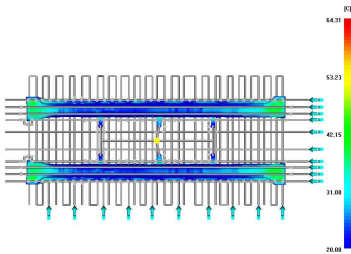
Fig. 3 Warpage analysis results according to the cooling line design



(a) General cooling line



(b) The cooling line of first design



(c) Cooling line of improved design

Fig. 5 The mold temperature according to the result of the cooling analysis

## 4. 결론

본 연구는 고품상비를 가지는 제품의 냉각라인 설

Table 2. The result of CAE Analysis

Results	Unit	General cooling line (a)	The cooling line of first design (b)	Cooling line of improved design (c)
Fill time	sec	6.86	8.06	7.64
Pressure	MPa	75.25	76.92 MPa	78.05
Clamp force	ton	2225.69	2299.59 ton	2390.6
Mold Temperature	℃	20~84.79 52.41℃(average)	20~73.47 46.73℃(average)	20~64.31 42.15℃(average)
Warpage	mm	7.181	6.347	5.856

계를 위한 연구로서 냉각라인의 위치가 냉각에 미치는 영향에 대해 성형해석 프로그램을 통해 실험 연구한 결과 다음과 같은 주요 결과를 얻을 수 있었다.

- (1) 제품표면에 근접한 베플보다는 직선형 냉각라인으로 구성된 냉각시스템이 냉각에 유리하다.
- (2) 금형 캐비티면과 냉각수라인의 배치는 소위 정삼각형 설계가 금형 표면의 온도분포를 균등하게 하는데 유리하다.
- (3) 냉각설계의 개선으로 냉각시간의 단축효과와 대상 제품의 생산성이 약 10% 정도 향상되었다.

### 참고문헌

1. J.L. Wu, S. J. Chen, and R Malloy, "Development of an On-Line Cavity Pressure- Based ExportSystem for Injection Molding Process," ANTEC, 1991.
2. Hiroshi Uchida, Tadayoshi Takahara "The innovation of mold initial quality using CAE analyses", Die and mould technology Vol.20, No.15, 2005.
3. Tatsuji Horiuchi "How to choose cooling line in injection molding" Die and mould technology Vol.20, No.12, 2005.2.C. Liu and L. T. Manzione, "Process Studies in Precision Injection Moliding I: Process Parameters and Parecision," Polymer Eng. & Sci., Vol. 36, No. 1, 1996.
- 4 .C. Liu and L. T. Manzione, "process Studies in Precision Injection Molding. morphology and Precision in Liquisd Crystal Polymers," Polymer Eng. & Sci., Vol. 36, No. 1, 1996.
5. Hamada Oshamu, 코스트다운을 위한 금형온도 제어, 시그마출판사, 1998
6. Suzanne L. B. Woll, Duglas J. Cooper andBlair 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.