

## 다수 캐비티를 갖는 핫러너 금형에서의 균형충전을 위한 자동제어시스템

장민규<sup>1</sup> · 조일규<sup>2</sup> · 이옥성<sup>3</sup> · 정영득<sup>†</sup>

부경대학교 기계공학부<sup>1</sup>·(주)동명테크<sup>2</sup>·플렉스<sup>3</sup>·부경대학교 기계공학부<sup>†</sup>

### A Closed-loop-control System for Filling Balance in the Hot Runner Mold with Multi-Cavities

Min-Kyu Jang<sup>1</sup> · Il-Kyu Jo<sup>2</sup> · Ok-Seong Lee<sup>3</sup> · Yeong-Deug Jeong<sup>†</sup>

Graduate School of Mechanical Engineering, Pukyong National University<sup>1</sup>

Dong-Myong Tech. Co., Ltd.<sup>2</sup>

Plax<sup>3</sup>

School of Mechanical Engineering, Pukyong National University<sup>†</sup>

(Accepted February 26, 2015)

**Abstract :** For mass production of plastics, injection molds have multi-cavities. However, filling imbalance between cavity to cavity always has occurred in multi-cavities mold, and this has caused low quality of plastics part. In this study, the closed-loop-control system which can control temperature of hot manifold and nozzle in hot runner mold for filling balance has been suggested, and a series of experiment about difference of filling time and weight in cavity-to-cavity was conducted. As a result of using closed-loop-control system, a remarkable improvement in reducing filling imbalance was confirmed.

**Key Words :** Filling imbalance, Hot runner mold, Multi-cavities, Closed-loop-control system

### 1. 서 론

최근 산업 발달로 플라스틱 제품의 수요가 급증하고 있으며, 이러한 플라스틱 제품의 경쟁력 확보에 절대적으로 필요한 멀티 캐비티(multi-cavities)간의 균형충전에 대한 금형 및 성형 기술의 향상이 강력히 요구되고 있다. 멀티 캐비티 성형의 경우 각 캐비티 간의 균일한 충전 밸런스(filling balance)를 확보하지 못함으로써 초기에 의도된 경쟁력을 확보하는데 어려움이 따르고 있다.

멀티 캐비티 성형을 위해 사용되는 방법 중의 하

나인 핫러너(hot-runner) 금형은 콜드러너(cold-runner) 금형과는 다르게 러너가 없고 매니폴드(manifold)와 드롭(drop)으로 구성되기 때문에 러너 및 스프루에서 발생하는 충전 불균형 현상이 콜드러너 금형에 비하여 어느 정도는 감소하나 러너 중심부에서의 전단율과 러너 반경부에서의 전단율의 차이에 기인한 충전 불균형 현상은 핫러너 금형에서도 여전히 나타난다<sup>1-3)</sup>.

본 연구에서는 플라스틱 제품을 성형하는 금형 내부에 설치되는 핫러너 매니폴더 및 노즐(nozzle)의 온도 제어를 통한 멀티 캐비티 성형의 충전 밸런스를 자동제어하기 위한 새로운 시스템을 제시하고 이를 구현할 수 있는 금형을 제작하여 PA66에 유리 섬유가 30% 함유된 수지에 대해 실험을 통하여 시스템의 유효성을 검증하였다.

1. 부경대학교 기계공학부 대학원  
† 교신저자 : 부경대학교 기계공학부  
E-mail : ydjung@pknu.ac.kr

## 2. 핫러너 금형에서의 균형 충전을 위한 자동제어 시스템

Fig. 1은 핫러너 다수캐비티 금형에서 발생하는 충전 불균형 현상을 해소하기 위한 방안으로 핫러너 금형 내부에 설치되는 매니폴더 및 노즐의 온도 제어를 통하여 충전 불균형 현상을 해소할 수 있는 방안을 제시한 것이다. 핫 러너 시스템에 통신 기능을 추가 접목하고 금형 내부의 성형 정보를 센서를 통하여 확보하여 핫러너 시스템의 온도를 제어(system-based control)하여 캐비티가 모두 동시에 충전 될 수 있도록 하는 시스템이다. 이러한 핫러너 시스템 제어 기술을 활용하면 금형 내부의 각 캐비티 별 성형 편차가 시스템에 의해 실시간으로 감지되고 이 정보를 이용하여 핫러너 시스템의 온도 제어를 핫러너 클로즈드 루프 콘트롤러(hot runner closed-loop controller)를 통하여 무인으로 실시함으로써 각 캐비티간 편차가 최소화 되어 전반적인 멀티 캐비티의 밸런싱(balancing)이 이루어지게 할 수 있다.

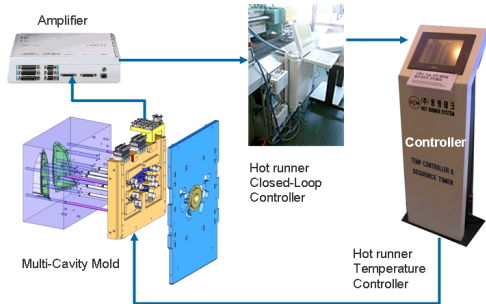


Fig. 1 Filling imbalances in multi-cavity injection mold

## 3. 핫러너 금형에서의 균형충전 실험

### 3.1. 자동제어 시스템용 금형 개발 및 제작

자동제어 시스템을 적용하기 위한 금형을 설계, 제작하기 위하여 MAPS 3D<sup>®</sup> 해석 프로그램을 이용하여 Fig. 2와 같이 핫러너 시스템의 온도 분포 해석과 성형해석을 수행하였다. 온도 분포 해석 결과를 이용하여 매니폴드 및 노즐의 온도 분포를 균일하게 할 수 있는 설계를 실시하였으며 성형해석의 유동 패턴(flow pattern)의 결과를 이용하여 센서의 위치를 선정하였다. 또한 제품의 성형가능성과 금형의 안정성을 예측하여 균형 충전이 가능할 수 있도록

하는 4 캐비티 보빈(bobbin) 성형용 금형을 Fig. 3과 같이 설계하였다.

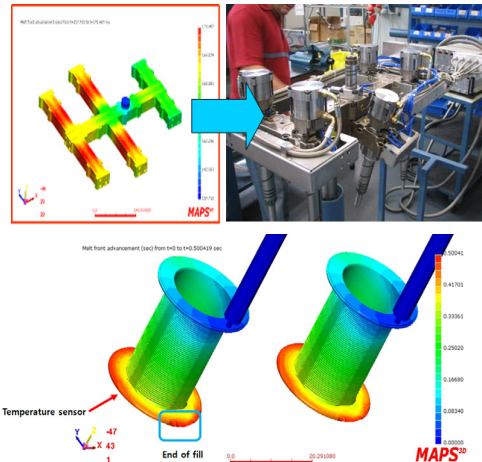


Fig. 2 CAE simulation for design of hot-runner mold

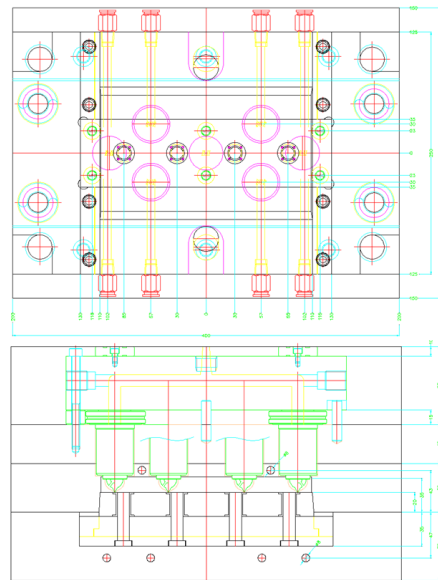


Fig. 3 2D drawing for bobbin mold with hot runner

### 3.2. 실험 장치 및 방법

자동제어 시스템용 핫러너 금형을 대상으로 PA66에 Glass fiber가 30% 함유된 수지를 사용하였으며, 사출성형기는 LG 전선에서 제작된 형체력 140톤 직압식 사출기를 사용하였다. 일반 성형(conventional injection)과 자동제어를 통한 성형을 비교하기 위하여 일반 성형으로 30 사이클(cycle)의

사출을 수행하고 자동제어를 실시하여 30사이클의 사출을 수행하여 그 결과를 비교하였다. Fig. 4에서 보는 바와 같이 1~4번 캐비티의 순서로 온도센서를 통하여 수지의 도착 시간을 측정하여 사이클 별로 충전 불균형의 정도를 확인하였으며, 또한 각 캐비티의 중량을 측정하여 그 결과를 비교하였다.

Table 1은 보빈 제품을 성형하기 위한 사출 성형 조건을 정리한 것이며, 사출 시간은 1.5초로 하고 그 외 사출 조건은 PA66의 일반적인 사출 조건을 적용하였다.

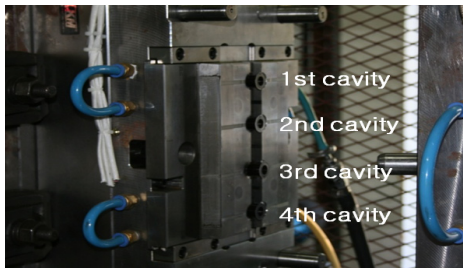


Fig. 4 Arrange of cavities in experimental mold

Table 1 Injection molding condition for experiment

Variable	Unit	Condition
Injection time	sec	1.5
Melt temperature	℃	300
Mold temperature	℃	70
Injection pressure(Max.1550kg/cm <sup>2</sup> )	%	70
Injection speed(Max. 206cm/sec)	%	60

### 3.3. 실험 결과 및 고찰

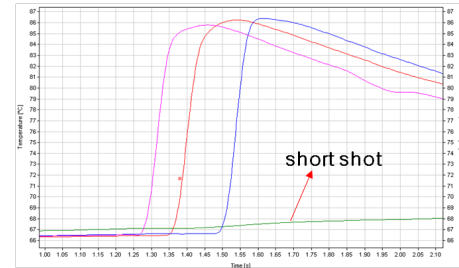
Fig. 5와 Fig. 6은 일반 성형을 실시하였을 시의 각 캐비티별 수지의 성형 말단부 도착시간과 중량 편차를 나타낸 것이다. Fig. 5의 그래프 상에서 그래프가 급격히 상승하는 부분은 캐비티 내의 수지가 온도센서에 도달하여 나타나는 부분으로 충전완료 여부 및 시간을 알 수 있다. 각 캐비티 별로 수지의 말단부 도달 시간을 비교해 볼 때 그 편차는 약 31/100 ~ 52/100sec 로 크게 나타났으며, 성형 사이클이 회수에 상관없이 유동적인 편차를 나타내었고 수지가 온도센서까지 도달하지 못하는 경우, 즉 미성형(short shot)이 발생하는 경우도 나타났다. 또한 각 캐비티 별 중량 편차는 수지의 도달 시간과 비례하여 나타났으며, 1/100 ~ 23/100g 으로 사이클 마다 그 값의 차이가 유동적으로 나타났다.



(a) 1st cycle



(b) 10th cycle



(c) 20th cycle



(d) 30th cycle

Fig. 5 Filling time of melt in conventional injection

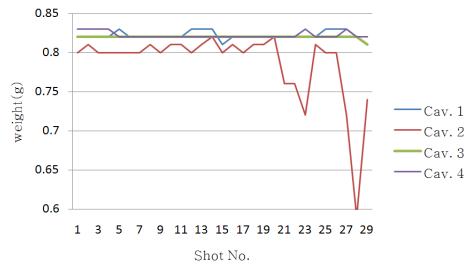


Fig. 6 Weight difference of cavities in conventional injection

Fig. 7과 Fig. 8은 자동제어 시스템을 수행하여 성형을 실시하였을 시의 결과 값을 나타낸 것이다.

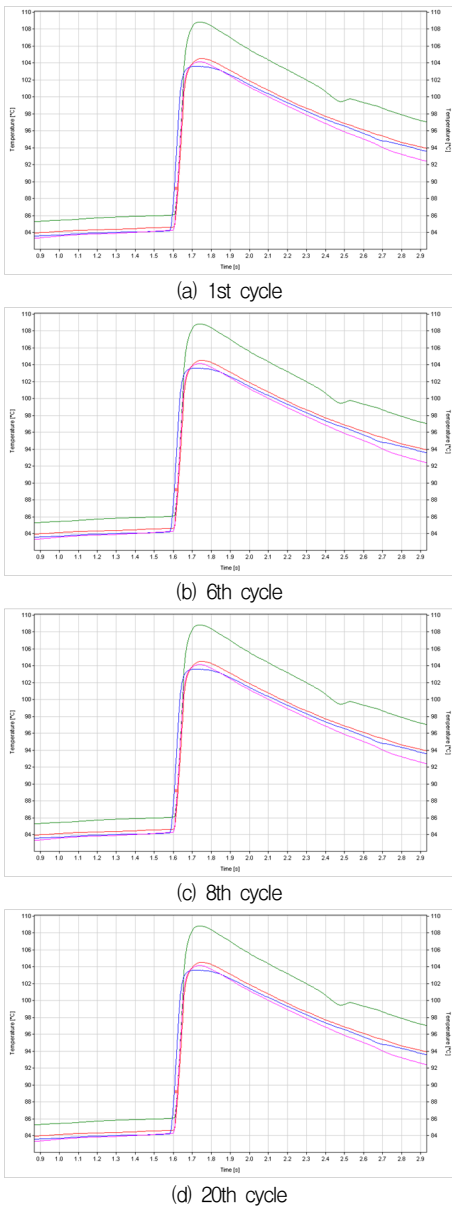


Fig. 7 Filling time of melt in closed loop control system

자동제어 시스템을 통하여 6사이클 이후에는 각 캐비티 간에 균형충전이 이루어져 수지의 말단부 도달시간의 편차를 2/100sec까지 확보할 수 있었으며, 캐비티의 중량 또한 1/100g까지 편차 값을 확보할 수 있어 자동제어 시스템을 통한 핫러너 금형의 유

효성을 입증할 수 있었다.

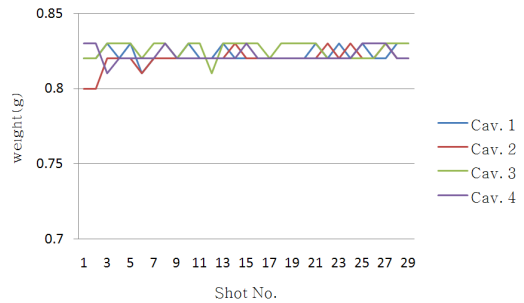


Fig. 8 Weight difference of cavities in closed loop control system

#### 4. 결론

본 연구에서는 핫러너 금형에서 발생하는 충전 불균형 현상을 최소화 하기 위한 방법으로 새로운 자동제어 시스템을 제시하고 이에 대하여 실험적 연구를 통하여 그 유효성을 확인하였다. 본 연구의 주요한 결과는 다음과 같다.

- 1) 핫러너 시스템을 가진 멀티 캐비티 금형에서 균형충전을 구현할 수 있는 자동제어 시스템에서는 각 캐비티간의 수지 충전 시간의 편차를 2/100 sec 이내로 확보할 수 있었다.
- 2) 각 캐비티 간의 중량 편차를 1/100 g까지 확보하여 균형충전을 이룰 수 있었다.

#### 참고문헌

- 1) J. P. Beaumont, K. Boell, "Controlling Balanced Molding Through New Hot Runner Manifold Designs", ANTEC, pp. 932-936, 2001.
- 2) Christopher W, White, "Decolpment of Filling Imbalance in Hot Runner Mold", ANTEC 99, pp. 3672-3676, 1999.
- 3) John P. Beaumont and jack H. Young, "Mold Filling Imbalances in Geometrically Balanced Runner Systems", Journal of Injection Molding Technology, Vol 1, No 3, pp. 133-143, 1997.
- 4) <http://www.wincapa.com>