

# 다수 캐비티 사출금형에서 러너 코어핀이 충전불균형에 미치는 영향

강철민<sup>1</sup>, 정영득<sup>2</sup>, 한규택<sup>#</sup>

## The Effects of Runner Core Pin on the Filling Imbalance Occurred in Multi Cavity Injection Mold

C. M. Kang, Y. D. Jeong, K. T. Han

### Abstract

For mass production, usually injection mold has multi-cavity which is filled through geometrical balanced runner system. Despite geometrical balanced runner system, filling imbalances between cavity to cavity have always been observed. These filling imbalances are one of the most significant factors to affect quality of plastic parts when molding plastic parts in multi-cavity injection mold. Filling imbalances are results from non-symmetrical shear rate distribution within melt as it flows through the runner system. It has been possible to decrease filling imbalance by optimizing processing conditions, but it has not completely eliminated this phenomenon during injection molding processing. This paper presents a solution of these filling imbalances through using "runner core pin". The runner core pin which is developed in this study creates a symmetrical shear distribution within runner. As a result of using runner core pin, a remarkable improvement in reducing filling imbalance was confirmed.

**Key Words** : Shear Rate Distribution, Viscosity, Filling Imbalance, Multi-cavity Injection Mold, Runner Core Pin

### 1. 서 론

현대의 플라스틱 산업은 고품질, 고정도의 플라스틱 제품을 요구하고 있다. 이에 플라스틱 제품의 품질에 영향을 주는 성형수축, 새로운 성형공정, 냉각시스템 등 다방면에서 연구가 진행되고 있다. 그 중 다수 캐비티[1] 사출금형에서의 충전불균형은 충전 초기 단계에서부터 플라스틱 제품의 품질에 가장 큰 영향을 미치는 요인으로써 지적되고 있다. 이와 같은 충전 불균형은 충전단계에서 발생하는 불균일한 전단분포에 기인한 러너 내부의 점도의 변동에 의해 발생되며, 사출속도, 수지온도, 금형온도 및 사출압력과 같은 성형조건

에 의해 감소시킬 수는 있으나, 완전히 해소시키지는 못하고 있는 실정이다.[2]

이에 본 연구에서는 기하학적으로 균형을 갖춘 러너시스템을 구비한 다수 캐비티 사출금형의 충전불균형을 해소하기 위한 하나의 방안으로 러너 내에 코어핀(Runner Core Pin 이후에는 RC pin)을 채용한 새로운 러너시스템을 제시하고, RC Pin의 변화에 따른 충전불균형도의 변화를 ABS와 PMMA를 대상 재료로 실험적 연구를 수행하였다.

실험결과 RC pin을 채용한 새로운 러너시스템은 다수 캐비티 금형에서 균형 충전을 위한 유효한 금형구조임을 확인할 수 있었으며, RC Pin의 삽입깊이가 균형충전에 미치는 영향을 제시할 수

1. 부경대학교 기계공학부 대학원

2. 부경대학교 기계공학부

# 교신저자: 부경대학교 기계공학부, kthan@pknu.ac.kr

있었다.

## 2. 충전불균형

### 2.1 충전불균형의 원인

Fig. 1 에서 보는 것과 같은 러너에서 Inside Cavity 와 Outside Cavity 는 기하학적으로 균형을 이루는 위치에 있다. 스프루를 지나 러너를 통과하는 플라스틱 용융수지는 러너 내부 중심부와 외경부의 전단율이 불균일하게 분포되게 된다. 러너 외경부, 즉 금형벽면 고화층 아래의 수지 흐름(실선)은 러너 중심부의 수지 흐름(점선)에 비해 상대적으로 높은 전단율이 형성되므로 온도는 상승되고, 점도는 감소하게 된다. 또한 전단율이 커짐에 따라 상대적으로 전단 마찰열 또한 증가하게 되므로, 이는 외경부의 수지 흐름의 유동성을 더욱 증가시킨다. 따라서 외경부를 따라 흐르는 수지 흐름은 중심부의 흐름보다 유동성이 좋아지게 되고, 유동성이 좋은 외경부의 흐름에 의해 충전되어지는 스프루에서 가까운 Inside Cavity 이 먼저 충전되어진다.[3~4]

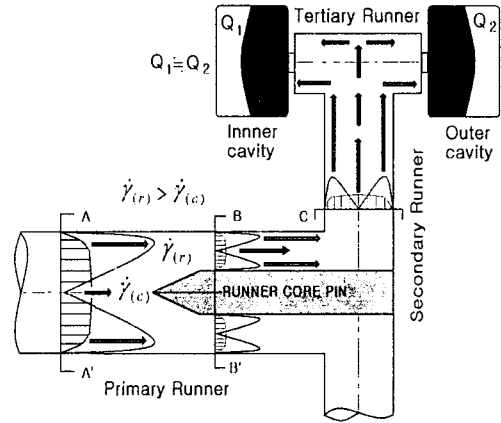


Fig. 2 A decrease of filling imbalances by using Runner Core Pin (RC Pin)

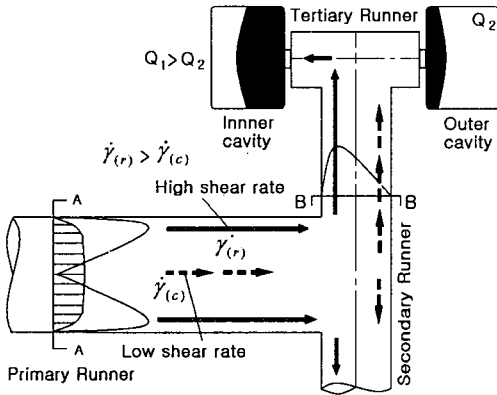


Fig. 2 Filling imbalances due to non-symmetrical shear rate distribution

### 2.2 충전불균형의 개선

Fig. 3 은 RC pin 에 의해 충전 불균형이 감소되는 현상을 나타내고 있다. Fig. 2 에서 보이는 러너 외경부와 중심부에 비대칭적으로 형성되는 전단율 분포가 Fig. 3 에서는 RC pin 의 표면적을 따라

발생하는 전단율에 의해 대칭적으로 형성됨을 알 수 있다. 이와 같이 대칭적으로 분포된 전단율은 러너 외경부와 중심부의 점도의 분포를 일정하게 하며, 동일한 유동성을 가지게 하여 Inside Cavity 와 Outside Cavity 의 충전량을 동일하게 한다.

## 2. 실험

### 2.1 실험장치 및 방법

본 실험에 사용된 사출성형기는 LG 전선에서 제작한 형체력 140 톤 직압식 수평형 사출기를 사용하였고, 실험 금형은 기하학적으로 균형을 갖춘 러너에 의해 충전되는 8 캐비티 2 단 금형을 사용하였다.

충전 불균형 개선에 영향을 줄 것으로 기대되는 RC pin 은 Fig. 3 에서 보는 것과 같이 직경 3mm 에 길이는 57, 60, 65, 70 mm 로 Fig. 3 에서 보는 것과 같이 1 차 러너와 2 차 러너에 각각 경사핀을 사용한 슬라이드 코어에 의해 삽입하였다. 각 캐비티에서 발생하는 충전불균형에 대한 RC pin 의 영향을 알아보기 위해 1 번 캐비티는 1 차 러너에만 RC pin 을 적용하였고, 2 번 캐비티는 1 차와 2 차 러너 모두에, 3 번 캐비티는 RC pin 을 적용하지 않았으며, 4 번 캐비티에는 2 차 러너에

만 RC pin 이 적용하였다.

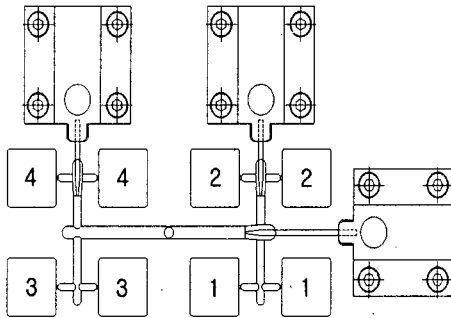


Fig. 4 The lay-out of runner core pin(RC Pin)

대상수지는 기존 연구[5]에서 타수지에 비해 비교적 큰 온도 민감도[6]를 가짐으로써 확인한 충전 불균형 현상을 나타냈던 범용 수지인 ABS (TR558 AI)와 PMMA(IF850)을 사용하였다. 성형조건은 각각 수지의 적정 성형조건으로 사출속도는 사출기의 최대 사출속도의 40%, 금형온도는 50℃, 사출압력과 성형온도는 각각 최대사출압의 50%와 235℃로 설정하였다.

RC pin 삽입 길이에 따른 충전 불균형도의 측정은 성형과정에서 발생하는 성형 기계상의 편차와 측정오차를 최소화 하기 위해 각각의 동일 조건에서 연속 5 회 반복하여 시편을 성형하였고, 시편의 무게 측정 시 최대값과 최소값을 제외한 3 개의 시편에 대한 평균 무게를 측정치로 채택하였다.

충전불균형도를 정량적으로 나타내기 위해 다음의 식 (1)와 같이 정의하였다[7].

충전 불균형도(DFI)

$$= \frac{W_{in} - W_{out}}{W_{in}} \times 100 \quad (\%) \quad (1)$$

여기서, Win: 내측 캐비티에서의 성형물 중량

Wout: 외측 캐비티에서의 성형물 중량

#### 4. 실험결과 및 고찰

##### 3.1 각 캐비티별 충전불균형도

Fig. 5 (a) (b)는 균형 충전을 위해 고안된 RC

pin 이 각 캐비티간의 충전불균형도에 미치는 영향을 나타낸 것이다. 전체적인 충전불균형도 DFI는 ABS 보다 PMMA 에서 다소 크게 나타났으며, ABS 와 PMMA 모두에서 1 차 러너에 RC pin 이 삽입된 1 번 캐비티의 충전 불균형도가 RC pin 이 삽입되지 않은 3 번 캐비티에 비해 확연히 개선되었음을 알 수 있다. 그러나 2 차 러너에 각각 RC pin 이 삽입된 2 번 캐비티와 4 번 캐비티의 충전 불균형도는 RC pin 이 삽입되지 않은 3 번 캐비티보다 더욱 커짐을 알 수 있다. 이는 1 차 러너와는 달리 2 차 러너에서는 RC pin 이 비대칭 전단 분포의 경계를 형성시키는 효과를 유발시켜 충전 불균형도를 더욱 증가시키는 것으로 사료된다.

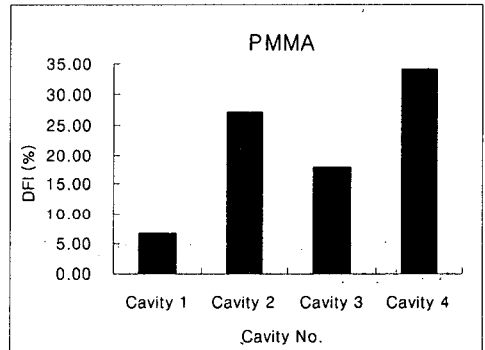


Fig. 5(a) Effects of RC Pin on each cavity (PMMA)

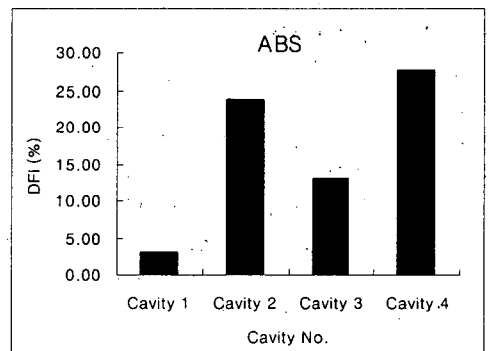


Fig. 5(b) Effects of RC Pin on each cavity (ABS)

##### 3.2 RC Pin 길이에 따른 충전불균형도

Fig. 6 은 RC Pin 길이에 따른 충전불균형도를 나타내고 있다. 변화의 폭은 크지 않지만, ABS 와 PMMA 모두에서 RC Pin 의 길이가 길어질수록 충

전불균형도는 감소하는 경향을 보이고 있다. 이는 RC Pin의 길이가 길어질수록 핀의 표면적을 통한 러너 중심부의 전단률 더욱 또한 커지게 되어 러너 외경에 발생하는 고전단 영역과 대칭을 이루게 된다. 이와 같은 러너 중심부와 외경부의 대칭적인 전단율 분포는 러너 중심부와 외경부의 유동성의 차이를 줄이게 되어 충전불균형도는 감소하는 것으로 생각되어진다.

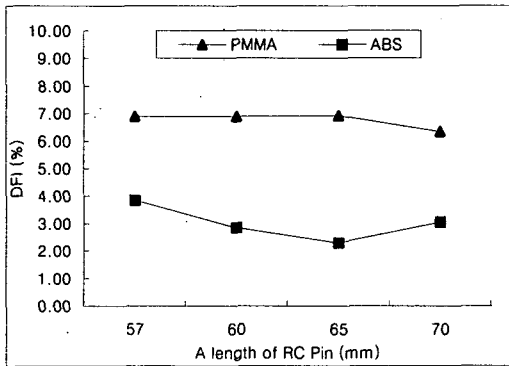


Fig. 4 The filling imbalance according to various length of RC pin

#### 4. 결론

본 연구에서는 RC Pin이 다수 캐비티 사출금형에서 발생하는 충전불균형 현상에 미치는 영향을 알아보기 위해 PMMA와 ABS를 대상으로 실험적 연구를 수행한 결과 다음과 결론을 얻을 수 있었다.

1) 비대칭적 전단분포에 의해 발생하는 다수 캐비티 사출금형에서의 충전불균형은 RC pin을 채용함으로써 대폭 감소시킬 수 있었다.

2) 1차 러너에서의 RC pin 사용은 일반적인 러너에 비해 충전 불균형도를 ABS에서는 약 80%, PMMA에서는 60% 이상을 감소시킬 수 있었다.

3) 2차 러너에서의 RC Pin 사용은 충전 불균형도를 개선시키지 못하며, 오히려 불균형도를 확대시키는 결과로 작용하였다.

4) RC Pin의 삽입 길이가 길어질수록 충전불균형도는 감소하는 경향을 보였다.

#### 후 기

본 논문은 한국과학재단 지정 부경대학교 친환경 경첨단에너지기계연구센터의 지원 (과제번호 : R12 -2003-01-02005-0)에 의해 연구되었으며, 이에 감사드립니다.

#### 참 고 문 헌

- [1] 정영득, 박태원, 김현필 공역, 플라스틱 성형을 위한 알기쉬운 금형설계, 도서출판 인터비전, pp. 224-227, 2003.
- [2] 강철민, 정영득, "다수 캐비티 사출금형에서 성형 인자가 충전 불균형에 미치는 영향", 한국소성가공학회, 추계학술대회 논문집, pp. 54-57, 2004.
- [3] John. P. Beaumont and Jack H. Young, 1997, "Mold Filling Imbalances in Geometrically Balanced Runner Systems", Journal of Injection Molding Technology, vol 1, No.3, pp. 133-135, 1997.
- [4] John P. Beaumont, Jack h. Young, and Matthew. J. Jawoski, "Solving Mold Filling Imbalance in Multi-Cavity Injection Molds", Journal of Injection Molding Technology, Vol 2, No 2, pp. 47-58, 1998.
- [5] 제덕근, 정영득, "다수 캐비티를 갖는 3매 구성 사출금형에서의 충전 불균형", 한국정밀공학지, 제 21 권, 제 6 호, pp. 117-122, 2004.
- [6] Edited by Avraam I. Isayev, "Injection and Compression Molding Fundamental", Marcel Dekker. inc, pp. 80-85, 1987.
- [7] David A. Hoffman, John P. Beaumont "Thermoset Filling Imbalances in Geometrically Balanced Runner System", ANTEC, pp. 844-845, 2001.