

다수 캐비티 사출금형에 적용되는 새로운 균형 충전용 러너 시스템 개발

정영득[#]

Development of New Runner System for Filling Balance in Multi Cavity Injection Mold

Y. D. Jeong

(Received September 9, 2005)

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. Filling imbalances are results from non-symmetrical shear rate distribution within melt when 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 for these filling imbalances by using Runner Core pin (RC 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 imbalances was confirmed.

Key Words : Shear Rate Distribution, Viscosity, Filling Imbalance, Multi-Cavity Injection Mold, Runner Core pin, ABS, PMMA

1. 서 론

현대의 플라스틱 산업은 고품질, 고정도의 플라스틱 제품을 요구하고 있다. 이에 플라스틱 제품의 품질에 영향을 주는 성형수축, 새로운 성형공정, 냉각시스템 등 다방면에서 성형조건에 따른 성형품질의 변동에 관한 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 러너 내에서의 불균일한 전단분포에 기인한 수지 점도의 변동에 의해 발생되며, 사출속

도, 수지온도, 금형온도 및 사출압력과 같은 성형조건에 최적화에 의해 이를 감소시킬 수는 있으나, 완전히 해소 시키지는 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 pin이라 부른다)을 채용한 새로운 러너시스템을 제시하고, RC pin의 변화에 따른 충전불균형도의 변화를 ABS와 PMMA수지를 대상 재료로 하여 실험적 연구를 수행하였다.

실험결과 RC pin 을 채용한 새로운 러너시스템은

[#] 교신저자 : 부경대학교 기계공학부
E-mail : ydjung@pknu.ac.kr

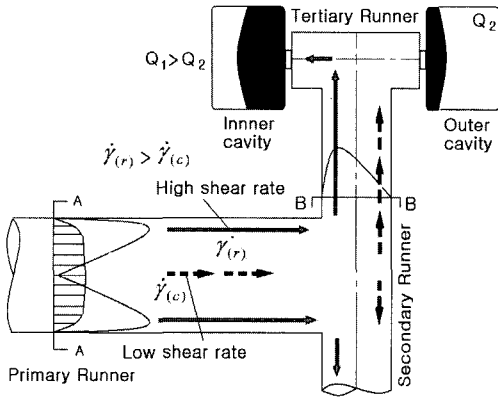


Fig. 1 Filling imbalance due to non-symmetrical shear rate distribution

다수 캐비티 금형에서 균형 충전을 위한 유효한 금형구조임을 확인할 수 있었으며, RC pin의 삽입길이 균형충전에 미치는 영향을 제시할 수 있었다.

2. 충전불균형

2.1 충전불균형의 원인

Fig. 1에서 보는 것과 같은 러너에서 Inner cavity와 Outer cavity는 기하학적으로 균형을 이루는 위치에 있다. 그러나, 스프루를 지나 러너를 통과하는 플라스틱 용융수지는 러너 내부 중심부와 외경부의 전단율이 불균일하게 분포되게 된다. 러너 외경부, 즉 금형벽면 고화층 아래의 수치 흐름(실선)은 러너 중심부의 수치 흐름(점선)에 비해 상대적으로 높은 전단율이 형성되므로 (1), (2)식의 수정 Cross 점도모델식[3]에 따라 점도는 감소하게 된다. 또한 러너 외경부에서는 전단율이 커짐에 따라 전단 마찰열 또한 러너 중심부에 비해 증가하게 되므로, 이는 러너 외경부의 수치 흐름의 유동성을 더욱 증가시키게 된다. 따라서 러너 외경부를 따라 흐르는 수치 흐름은 러너 중심부의 흐름보다 유동성이 좋아지게 되고, 유동성이 좋은 외경부의 흐름에 의해 충전되는 스프루에 가까운 Inner cavity가 먼저 충전되어진다[4~5].

$$\eta = \frac{\eta_0}{1 + \left(\frac{\eta_0 \times \dot{\gamma}}{\tau} \right)^{(1-n)}} \quad (1)$$

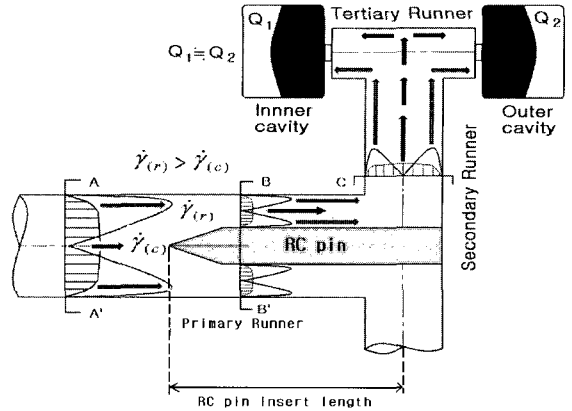


Fig. 2 Decreasing of filling imbalance by RC pin

여기서, $\dot{\gamma}$: 전단율 (shear rate)
 τ : 경계지역에서의 전단응력
 n : 비뉴턴 지수
 η_0 : 제로 전단율에서의 점도

$$\eta_0(T, P) = D_1 \exp \left[- \frac{(A_1(T - T^*))}{(A_2 + (T - T^*))} \right] \quad (2)$$

$$A_2 = \tilde{A}_2 + D_3 P$$

$$T^* = D_2 + D_3 P$$

여기서, T^* : 점도가 무한대에 이르는 전이온도
 T : 성형온도
 A_1, A_2 : WLF 식에서의 전위계수
 D_1 : 제로 전단율에서의 기준점도
 D_2 : 제로 게이지압에서의 유리전이온도

2.2 충전불균형의 개선

Fig. 2는 RC pin에 의해 충전 불균형이 해소되는 과정을 보여주고 있다. Fig. 2에서 보이는 러너 외경부와 중심부에 비대칭적으로 형성되는 전단율 분포가 RC pin의 표면을 따라 발생하는 전단율에 의해 다시 대칭적으로 형성됨을 알 수 있다.

이와 같이 대칭적으로 분포된 전단율은 2차 러너 외경부와 러너 중심부의 점도의 분포를 동등하게 하며, 동등한 유동성을 가지게 하여 Inner cavity와 Outer cavity의 충전량을 동일하게 한다.

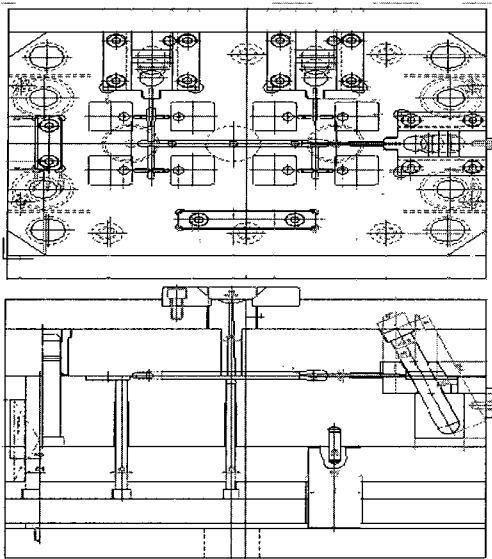


Fig. 3 2 plate type mold with 8 cavities

3. 실험

3.1 실험장치 및 방법

본 실험에 사용된 사출성형기는 LG 기계에서 제작한 형체력 140 톤의 직압식 수평형 사출성형기이며, 실험용 금형은 Fig. 3 과 같이 기하학적으로 균형을 갖춘 러너시스템에 RC pin 이 채용된 8 캐비티 2 매 구성형 금형을 사용하였다.

충전 불균형의 개선에 영향을 줄 것으로 기대되는 RC pin은 직경 3mm에 길이는 57, 60, 65, 70mm로 Fig. 4에서 나타낸 것과 같이 1차 러너와 2차 러너의 콜드 슬러그 웰(cold slug well)에 각각 삽입하여 RC pin이 각 캐비티의 균형충전에 미치는 영향을 알아보았다.

실험 대상수지는 기존 연구[6]에서 다른수지에 비해 비교적 큰 온도 민감도[7]를 갖고 있어 충전 불균형 현상을 크게 발생시킨 ABS(TR558 AI)와 PMMA(IF850)을 사용하였다.

성형조건의 설정은 각 수지의 실험에 적용하였던 성형조건으로 사출속도는 사출성형기의 최대 사출속도의 40%, 금형온도는 50℃, 사출압력과 성형온도는 최대사출압의 50%와 235℃로 각각 설정하였다.

RC pin 삽입 길이에 따른 충전 불균형도의 측정 은 성형과정에서 발생하는 사출성형기의 반복오차와 측정오차를 최소화 하기 위해 동일 성형

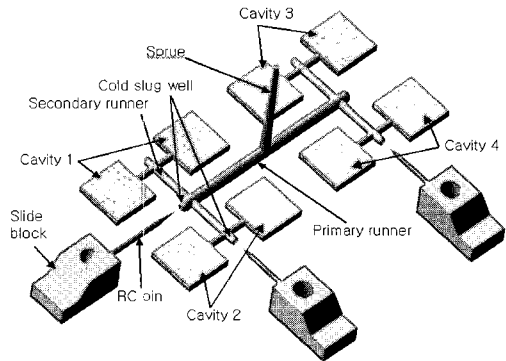


Fig. 4 The runner layout and RC pin's location

조건에서 연속 5 회 실험하여 얻은 시편의 무게를 측정하여, 최대값과 최소값을 갖는 시편을 제외한 나머지 3 개의 시편에 대해 평균 무게를 측정치로 채택하였다.

충전불균형도를 정량적으로 나타내기 위해 충전불균형도(Degree of Filling Imbalance)를 다음의 식 (3)과 같이 정의하였다.

충전 불균형도(DFI)

$$= \frac{W_{in} - W_{out}}{W_{in}} \times 100 (\%) \quad (3)$$

여기서, Win : 내측 캐비티에서의 성형물 중량
Wout : 외측 캐비티에서의 성형물 중량

4. 실험결과 및 고찰

4.1 각 캐비티별 충전불균형도

Fig. 5 및 Fig. 6은 PMMA수지와 ABS수지를 대상으로 하였을 때 Fig. 4의 각 캐비티에 RC pin이 충전불균형도에 미치는 영향을 나타낸 것이다. 충전 불균형도 DFI의 평균값은 PMMA의 경우가 ABS에 비해 다소 크게 나타났으며, PMMA 와 ABS 모두에서 1차 러너에 RC pin이 삽입된 Cavity 1에서의 충전 불균형도가 RC pin이 삽입되지 않은 Cavity 3에 비하여 확연히 개선되었음을 알 수 있다. 그러나 2차 러너에 RC pin이 삽입된 Cavity 2와 Cavity 4에서의 충전 불균형도는 RC pin이 삽입되지 않은 Cavity 3에서의 충전불균형도 보다 더욱 커짐을 알 수 있다. 이는 1차 러너와는 달리 2차 러너에 삽

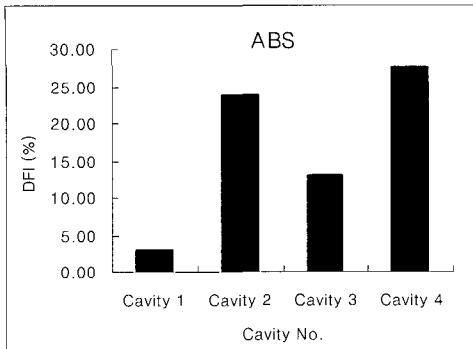


Fig. 5 Effects of RC Pin on filling imbalance (ABS)

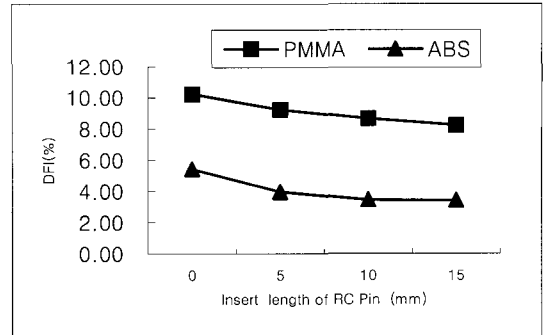


Fig. 7 The filling imbalance according to insert length of RC pin

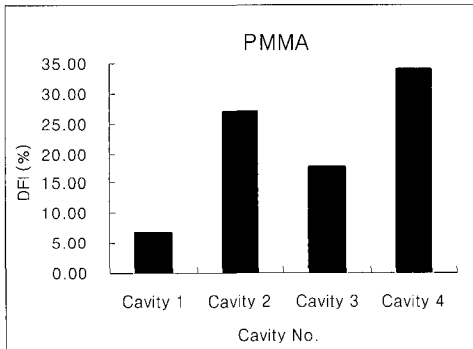


Fig. 6 Effects of RC Pin on filling imbalance (PMMA)

입된 RC pin은 1차 러너에서 발생한 비대칭 전단 분포의 경계를 더욱 강제적으로 구분시키게 하여 결과적으로는 충전불균형도를 더욱 증가시키는 것으로 생각한다.

4.2 RC Pin 길이에 따른 충전불균형도

Fig. 7은 각 수지별 RC pin의 삽입 길이에 따른 충전불균형도를 나타내고 있다. DFI값의 변화의 폭은 크지 않지만, ABS와 PMMA 모두에서 RC pin의 삽입 길이가 길어질수록 충전불균형도는 감소하는 경향을 보이고 있다. 이는 RC pin의 삽입 길이가 길어질수록 핀의 외경부에 따라 생긴 새로운 고전단율 유동층이 RC pin의 외측에서 대칭형상을 이루는 최소거리를 더욱 안정적으로 확보할 수 있어서 충전불균형도가 점차 조금씩 감소하는 것으로 생각되어진다. 또한, RC pin의 삽입 길이를 더욱 광범위하게 조정하면 DFI 값이 제로(zero)에

가깝게 되는 삽입 길이가 존재할 것으로 생각되며, 이에 대한 연구는 향후 연구로 남겨둔다.

5. 결론

본 연구에서는 다수 캐비티형 사출금형에서 RC pin 이 채용된 러너시스템을 갖는 새로운 금형구조를 제안하였으며, 이를 이용하여 RC pin의 삽입 길이가 충전불균형 현상에 어떠한 영향을 미치는지를 알아보기 위해 PMMA와 ABS를 대상으로 실험적 연구를 수행한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

- (1) 비대칭적 전단분포에 의해 발생하는 다수 캐비티 사출금형에서의 충전불균형은 RC pin을 채용함으로써 대폭 감소시킬 수 있었다.
- (2) 1차 러너에서의 RC pin을 적용하였을 경우에는 RC pin이 없는 경우에 비해 충전불균형도를 ABS에서는 약 80%, PMMA에서는 약 60% 이상 감소시킬 수 있었다.
- (3) RC pin의 삽입 길이가 길어질수록 충전불균형도는 약간 감소하는 경향을 보였다.

참고 문헌

- [1] 정영득, 박태원, 김현필 공역, 2003, 플라스틱 성형을 위한 알기 쉬운 금형설계, 도서출판 인터비전, pp. 224~227.
- [2] 강철민, 정영득, 2004, 다수 캐비티 사출금형에서 성형 인자가 충전 불균형에 미치는 영향, 한국소성가공학회, 추계학술대회 논문집, pp.

- 54~57.
- [3] John. P. Beaumont, Robert Nagel, Robert Sherman, 2002, Successful Injection Molding, HANSER, pp. 36~37.
- [4] John. P. Beaumont, Jack H. Young, 1997, Mold Filling Imbalances in Geometrically Balanced Runner Systems, Journal of Injection Molding Technology, vol 1, No.3, pp. 133~135.
- [5] John P. Beaumont, Jack h. Young, Matthew. J. Jawoski, 1998, Solving Mold Filling Imbalance in Multi-Cavity Injection Molds, Journal of Injection Molding Technology, Vol 2, No 2, pp. 47~58.
- [6] 제덕근, 정영득, 2004, 다수 캐비티를 갖는 3 매 구성 사출금형에서의 충전 불균형, 한국정밀공학지, 제 21 권, 제 6 호, pp. 117~122.
- [7] Edited by Avraam I. Isayev, 1987, Injection and Compression Molding Fundamental, Marcel Dekker. inc, pp. 80~85.