

다수 캐비티에서의 균형충전을 위한 새로운 러너 시스템

장민규[†] · 박태원¹ · 정영득[#]

부경대학교 기계공학부^{†,1} · 한국폴리텍VII대학¹ · 부경대학교 기계공학부[#]

A New Runner System for Filling Balance in the Multi-Cavities Molds

Min-Kyu Jang[†] · Tae-Won Park¹ · Yeong-Deug Jeong[#]

Graduate School of Mechanical Engineering, Pukyong National University[†]

School of Computer Added Mold & Die Engineering, Korea Polytechnic VII College¹

School of Mechanical Engineering, Pukyong National University[#]

Abstract : Almost all injection molds have multi-cavity runner system for mass production, which are designed with geometrically balanced runner system in order to accomplish filling balance between cavity to cavity during processing. However, even though geometrically balanced runner is used, filling imbalances have been observed. So, many studies for improving filling balance in the multi-cavities molds are worked up. In this study, the Melt-Buffer which is a new runner system for filling balance has been suggested, and a series of experiment about degree of filling balance in cavity-to-cavity was conducted in the mold with the Melt-Buffer.

From the experiment, the filling balance was increased up to 5~6% by using the Melt-Buffer.

Key Words : filling balance, multi-cavity, Melt-Buffer, runner system

1. 서론

플라스틱 재료의 사용은 산업의 성장과 더불어 현대 산업에는 없어서는 안 될 중요한 재료로 그 비중이 커져가고 있다. 플라스틱은 성형성 및 강도 등으로 인해 주로 제품의 외장에 사용되어 왔지만, 최근에는 금속을 대체하는 기계 요소용 재료로도 사용이 확대되고 있다. 이에 따라, 플라스틱 제품은 치수 정밀도, 외관품질, 강도 등의 품질 보증이 점차 증가되고 있다.

플라스틱 제품이 정밀한 부품으로 사용되기 위해서는 금형의 가공 뿐만 아니라 사출성형시 용융수지가 금형의 각 캐비티(cavity)에 균형적으로 충전되는 것이 요구된다. 만약, 캐비티에 균형적으로 충전

되지 못하면 캐비티 내부의 오버 패킹(over packing)으로 기계적 강도(low mechanical)가 저하되고, 치수 정밀도(dimension inaccuracy)가 부정확해지며, 잔류 응력(residual stress)을 가지는 성형품이 성형된다. 이러한 문제점을 극복하기 위하여 금형 설계시 균형충전이 되도록 기하학적으로 균형을 갖춘 러너로 설계^[1]하고 있다. 그러나 러너가 기하학적 균형을 갖추었다 하더라도 다수 캐비티를 가지는 금형으로 실제 성형을 실시하면, 성형품에 불균형 충전(filling imbalance)이 발생한다. 이와 같은 실제 성형시 발생하는 불균형 충전은 J. P. Beaumont^[2]에 의해 처음으로 연구되기 시작하였고, 그 후 여러 연구를 통하여 충전불균형에 대한 연구가 활발하게 진행되고 있다. 균형충전용 장치로 그동안 발표된 것에는 Melt Flipper^[3,4]와 RC pin^[5]의 2가지가 대표적이다.

본 연구에서는 다수 캐비티를 가지는 사출금형에서 발생하는 충전불균형 현상을 해소하기 위한 방안으로 새로운 러너 시스템을 제시하고, 이 시스템

[†] 부경대학교 기계공학부 대학원

¹ 한국폴리텍VII대학 컴퓨터응용금형과

[#] 교신저자 : 부경대학교 기계공학부

E-mail : ydjung@pknu.ac.kr

의 균형충전이 가능한 것을 설명하는 도식적 모델을 제시하였다. 그리고 새로운 러너시스템이 적용된 사출금형을 설계하여, PP와 ABS수지를 대상으로 각 캐비티간의 균형충전에 관한 실험 연구를 통하여 그 유효성을 검증하였다.

2. 다수캐비티에서의 충전불균형

2.1. 충전불균형

Fig. 1과 같이 러너 내를 유동하는 용융수지의 전단을 분포는 1차러너에서는 높은 전단영역이 러너 외경부에 형성되고 낮은 전단 영역은 러너 중심부에 위치하여 대칭적으로 나타난다. 그러나 2차 러너에서의 전단을 분포는 1차 러너의 높은 전단영역의 영향으로 높은 전단영역이 스프루에서 가까운 내측에 위치하고, 낮은 전단영역이 스프루에서 먼 외측에 위치하여 비대칭적으로 전단율이 분포된다. 이러한 이유로 전단 감소(shear thinning)현상에 의해 2차 러너의 점도분포는 내측부의 점도가 낮아지게 되어 그것의 유동성이 증가하게 된다. 즉, 러너 외경부의 수지 흐름은 러너 중심부의 수지 흐름에 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 흐르는 수지 흐름에 의해 충전되어지는 스프루에 가까운 내측 캐비티가 먼저 충전된다.^[6]

2.2. Melt-Buffer에 의한 충전불균형의 개선

다수 캐비티 금형에서 일어나는 충전불균형 현상을 감소시키기 위해 유동속도가 상대적으로 빠른 러너 측에 홈을 설치하여 유동성을 저하시킬 수 있는 새로운 러너시스템 구조를 Melt-Flow-Buffer (이후 Melt-Buffer로 호칭함)라 부른다. Fig. 2는 Melt-Buffer를 설명하는 그림으로 1차 러너의 높은 전단영향으로 인해 Melt-Buffer 부를 지나기 전에는 2차 러너의 내측과 외측의 유동속도가 달라지게 되지만, 외측에 비해 상대적으로 빠른 유동속도를 가지는 내측 러너부에 Melt-Buffer를 설치하면, 내측 유동속도를 저하시켜 Melt-Buffer를 지난 후에는 2차 러너에서 내측과 외측이 동일한 유동속도를

가지게 한다. 그 결과 내측 캐비티와 외측 캐비티간의 균형충전이 이루어지게 된다.

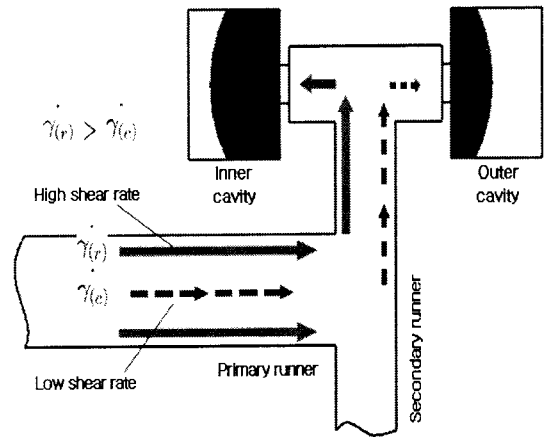


Fig. 1 Filling imbalances in multi-cavity mold

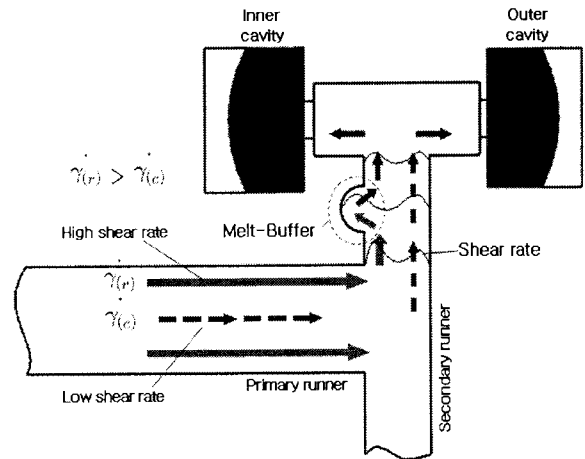


Fig. 2 Improvement of filling balances by Melt-Buffer

2.3. 균형충전도의 정의

충전량이 큰 내측 캐비티와 충전량이 작은 외측 캐비티 사이에서 발생하는 충전불균형 현상을 나타내기 위해 식 (1)을 균형충전도(Degree of Filling Balance)로 정의하였다. DFB는 100에 가까울수록 균형충전에 가까워진다.

균형충전도(DFB)

$$= \left(1 - \frac{W_{inner} - W_{outer}}{W_{inner}}\right) \times 100 (\%) \dots (1)$$

여기서,

W_{inner} : 내측 캐비티에서의 성형물 중량

W_{outer} : 외측 캐비티에서의 성형물 중량

3. 균형충전실험

3.1. 실험 장치 및 방법

본 실험에서 사용된 사출성형기는 LG전선에서 제작한 형체력 140ton 직압식 수평형 사출기(Fig.3)를 사용하였고, 실험 금형은 Fig. 4에서 나타내는 것과 같이 기하학적으로 균형을 갖춘 'H' type의 러너에 의해 충전되는 4캐비티 2단 금형을 사용하였다. Fig. 4의 (a)는 Melt-Buffer가 1개소에 설치된 경우이며, (b)는 2개소에 설치된 경우를 나타낸 그림이다.

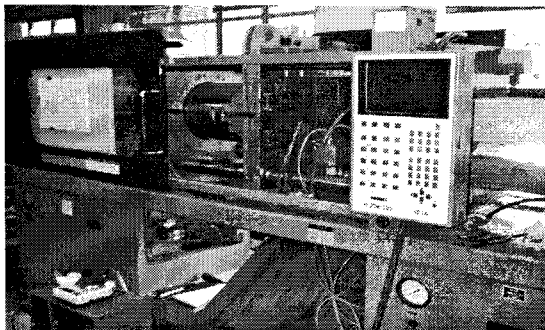


Fig. 3 Injection molding machine for experiment

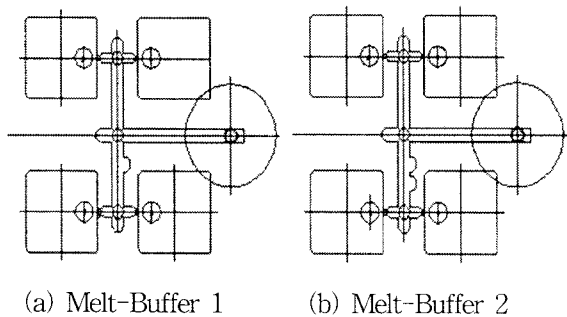


Fig. 4 Schematic of mold

대상 수지는 범용 수지인 ABS(GP22, BASF)와 PP(M540, GS Caltex)를 사용하였다. 성형조건은 기존의 연구에서 균형충전도에 영향도가 큰 성형조건

인 사출속도를 변화시켜 그에 따른 충전 불균형도의 변화를 측정하였다. 사출속도는 사출기의 최대 사출속도의 40 ~ 70 %로 설정하였고, Melt-Buffer의 개수를 1 ~ 2 개로 변화시켰으며, 그 외의 성형 조건인 금형온도, 사출압력과 성형온도는 Table 1과 ABS와 PP의 일반적인 성형조건으로 설정하여 실험을 수행하였다.

Table 1 Injection molding condition for experiment

Variable	Unit	Conditions	
		ABS	PP
Melt temperature	℃	230	210
Mold temperature	℃	60	
Injection pressure (Max. 1550kg/cm ²)	%	70	
Injection speed (Max. 206cm/sec)	%	40, 50, 60, 70	
Melt-Buffer	EA	1, 2	

각 캐비티에서 발생하는 충전불균형에 대한 Melt-Buffer의 영향을 알아보기 위하여 Fig. 5에서 나타내는 것과 같이 ①번과 ③번 캐비티에는 2차 러너의 내측에 Melt-Buffer를 1개소 및 2개소를 각각 설치하여 충전의 영향을 받게 하고, ②번과 ④번 캐비티는 기존의 러너시스템으로 Melt-Buffer의 영향을 전혀 받지 않도록 하였다.

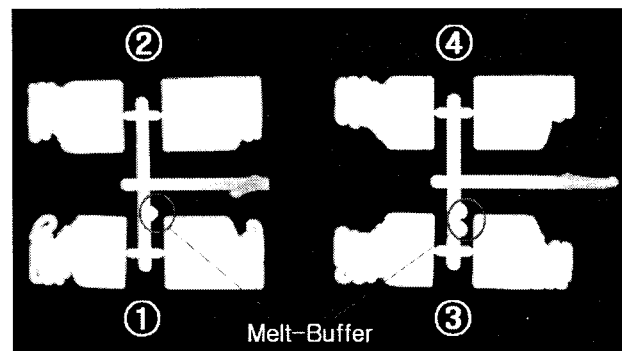


Fig. 5 The runner system lay-out with Melt-Buffer

3.2. 실험 결과 및 고찰

Fig. 6과 Fig. 7은 균형 충전을 위해 고안된 Melt-Buffer가 각 캐비티 간의 충전균형도에 미치는 영향을 나타낸 것이다. Melt-Buffer가 1개 설치된 러너시스템에서는 Fig. 6에서 보는 것과 같이

ABS와 PP 모두 Melt-Buffer가 설치된 ①번 캐비티의 충전균형도가 Melt-Buffer가 설치되지 않은 ②번 캐비티에 비해 ABS의 경우는 약 5% 정도, PP 경우는 약 6% 정도 향상되었음을 알 수 있다.

Melt-Buffer가 2개 설치된 러너시스템에서는 ABS의 경우 Melt-Buffer가 설치된 ③번 캐비티가 ④번 캐비티에 비해 약 6% 정도의 수준으로 균형 충전도가 개선되었다. PP의 경우는 Melt-Buffer의 영향으로 내측 캐비티보다 외측 캐비티가 더 많이 충전되는 역전 현상이 일어났으며, 이는 Melt-Buffer의 효과를 확실하게 나타내는 현상이다.

Fig. 6과 Fig. 7을 비교해보면 Melt-Buffer가 개수가 많을수록 균형 충전도의 값이 더 높아짐을 알 수 있다. ABS의 경우는 4%, PP의 경우는 약 2% 정도 균형충전도의 값이 높아진다.

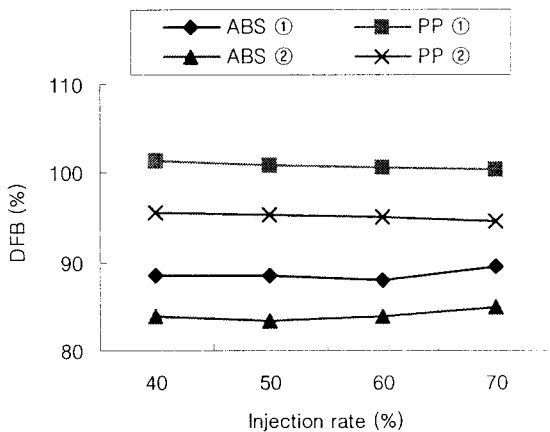


Fig. 6 DFB variation in case of one Melt-Buffer

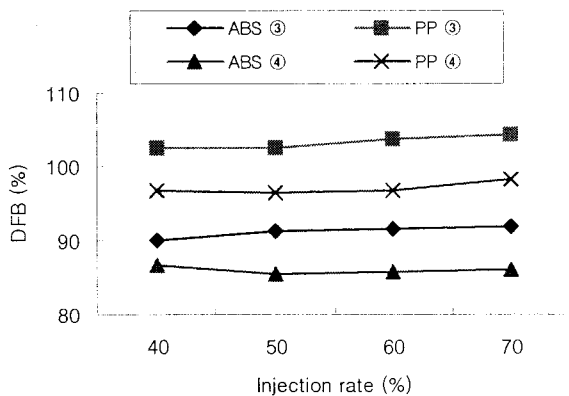


Fig. 7 DFB variation in case of two Melt-Buffer

4. 결론

본 연구는 기하학적으로 균형을 다수 캐비티 금형에서 발생하는 충전 불균형 현상을 개선시키기 위한 목적으로, 새로운 러너 시스템인 Melt-Buffer의 유효성을 설명하는 도식적 모델을 설명하는 도식적 모델을 제시하였으며, Melt-Buffer가 설치된 실험용 금형을 이용하여 ABS 수지와 PP 수지를 대상으로 실험을 통하여 그 유효성을 검증할 수 있었다.

다음은 본 연구를 수행한 주요한 결과들이다.

- (1) 다수 캐비티에서 일어나는 충전불균형 현상을 Melt-Buffer를 이용하여 충전불균형도를 감소시킬 수 있었다.
- (2) Melt-Buffer를 설치하여, ABS는 5%, PP는 6% 정도의 균형충전도의 값을 향상시킬 수 있었다.
- (3) PP의 경우 Melt-Buffer를 설치하였을 때, 내측 캐비티보다 외측 캐비티가 더 많이 충전되는 역전현상이 나타났다.
- (4) Melt-Buffer의 개수가 많을수록, 사출속도가 높을수록 캐비티 간의 균형충전도가 향상되었다.

참고문헌

- 1) 정영득, 박태원, 김현필, "플라스틱 성형을 위한 알기쉬운 금형설계", 도서출판 인터비전, pp. 224 ~ 227, 2003.
- 2) 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.
- 3) J. P. Beaumont, "Runner and gating design handbook", Hanser Publishers, pp. 114-119, 2004.
- 4) J. P. Beaumont, "Runner and gating design handbook", Hanser Publishers, pp. 115, 2004.
- 5) 정영득, "다수캐비티 사출금형에 적용되는 새로운 균형 충전용 러너시스템 개발", 한국소성가공학회지, 제 15 권, 제 1 호, pp. 42 ~ 46, 2006.
- 6) John P. Beaumont, "Runner and Gating Design Handbook", Hanser Publishers, pp. 85 ~ 110.