

사출성형에서 균형충전을 위한 러너 설계

노승규*, 김동학*

*순천향대학교 나노화학공학과

e-mail : no2000no@hanmail.net

Runner design for Fillingbalance in Multi-cavity Injection molding

Seung-Kyu Noh*, Dong-Hak Kim*

*Department of Chemical Engineering, SoonChunHyang University

요 약

플라스틱은 가공이 용이하기 때문에 우리 생활에 널리 이용되고 있다. 과거에는 단순히 제품의 외장재로 이용되었지만 산업이 발달함에 따라 금속을 대체 할 정도로 사용 범위가 증가하고 있다. 또한 사용량이 증가함에 따라 제품의 생산량을 증가시키기 위해선 다수 캐비티의 금형 사용이 필수적으로 되었다. 다수 캐비티 사출성형에서 각 캐비티 간 제품의 품질 및 물성을 향상시키기 위해선 각 캐비티로 충전되는 수지가 균형을 이루어야 한다. 하지만 기하학적으로 균형을 갖추고 있는 러너를 설계하여도 실제 사출성형에서는 불균형 충전이 일어나게 된다. 이러한 불균형 충전은 미국의 Beaumont에 의해서 처음 규명된 뒤 충전불균형 현상을 해결하기 위해 많은 연구가 진행되었다. 본 논문에서는 다수 캐비티 사출성형에서 균형충전을 위한 러너시스템을 제안하였다. 이 러너시스템은 온도가 불균일한 수지의 흐름을 혼합함으로써 수지의 흐름을 균일하게 하여 균형충전을 이루도록 하였다. 또한 사출성형해석프로그램인 Moldflow를 이용한 유동해석을 통해 그 효과를 나타내 보았다.

1. 서론

플라스틱은 가공이 용이하기 때문에 우리 생활에 널리 이용되고 있다. 과거에는 단순히 제품의 외장재나 간단한 생활 용품등으로 이용되었지만 산업이 발달함에 따라 금속을 대체 할 만큼 사용 범위가 증가하고 있다.[1] 또한 사용량이 증가함에 따라 제품의 생산량을 증가시키기 위해서는 다수 캐비티 (multi-cavity)의 금형 사용이 필수적으로 되었다. 다수 캐비티 사출성형에서 각 캐비티 간 제품의 품질 및 물성을 향상시키기 위해서는 각 캐비티로 충전되는 수지가 균형을 이루어야 한다. 하지만 기하학적으로 균형을 갖추고 있는 러너를 설계하더라도 실제 사출성형에서는 충전불균형(filling imbalance)이 일어나게 된다. 이러한 충전불균형 현상은 미국의 Beaumont[2]에 의해서 처음 규명된 뒤 불균형충전 현상을 해결하기 위해 많은 연구가 진행 되었다. 또한 국내에서도 연구가 진행되어 러너 코어핀(RC Pin)[3], 멜트버퍼(Melt-Buffer)[4], 나사형태의 러너를 이용하여 회전운동을 주어 수지흐름을 혼합해 온도를 균일하게 하는 스크류러너[4] 등을 통해서 충전불균형에 대한 해법을 제시 하였다. 본 논문에서는 다수 캐비티 사

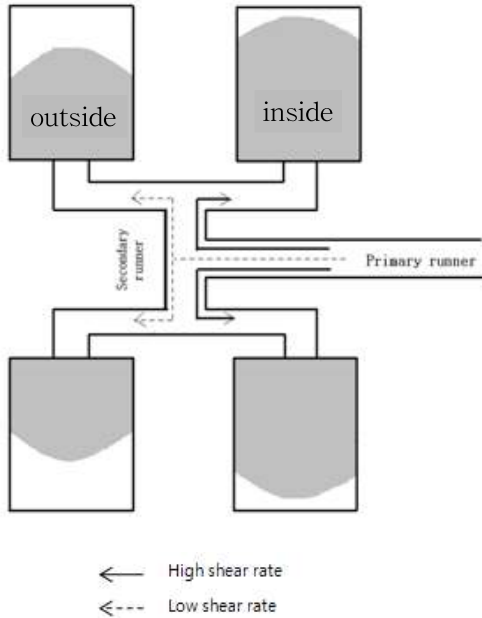
출성형에서 균형충전을 위한 러너시스템(runner system)을 제안하였다. 이 러너시스템은 전단률차이에 의한 즉, 온도가 불균일한 수지의 흐름을 혼합함으로써 수지의 흐름을 균일하게 하여 균형충전을 이루도록 하였다. 또한 이 러너시스템에 대해 도식적 모델을 제시하고, PC수지를 대상으로 각 캐비티 간 균형충전에 대해 이 러너시스템이 효과가 있는지 검증하기 위해 사출성형해석프로그램(Moldflow)을 이용한 유동해석을 통해 그 효과를 나타내 보았다.

2. Trim-runner system

2.1 충전불균형의 원인

[그림 1]에서 나타나듯 러너의 형태가 기하학적으로 균형을 이루고 있다. 용융수지가 스프루(sprue)를 통해 러너로 흘러 들어갈 때 러너중심부와 러너둘레의 전단률(shear rate)은 불균일하게 분포된다. 러너둘레, 즉 금형벽의 고화층 바로 밑의 수지 흐름은 러너중심부의 수지 흐름에 비해 상대적으로 높은 전단률이 형성된다. 따라서 온도는 증가하게 되고, 점도는 감소하게 된다. 또한 전단률이 커짐에 따라 전단마찰열(shear heating)이 증가하게 되므로 이는 러너둘레를 흐르는 수지의 흐름의 유동성을 빠르게 한

다. 따라서 러너중심부보다 러너둘레의 흐름이 빠르기 때문에 스프루와 가까이 위치한 내측 캐비티가 먼저 충전되는 것이다.[7-8]



[그림 1] 전단률 차이에 의한 충전불균형 현상

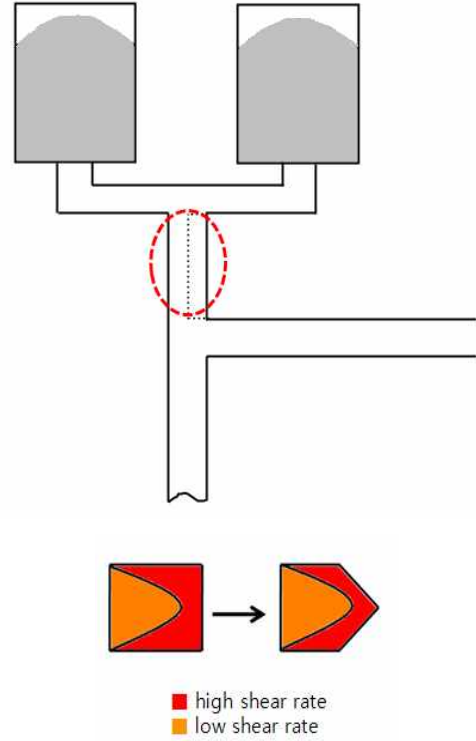
2.2 Trim-runner system의 구조

[그림 2]는 다수 캐비티의 균형충전을 위한 새로운 러너시스템인 Trim-runner의 구조를 나타낸 것이다. 이 러너는 RC pin이나 Melt-flipper 등과 같이 러너의 형태에 큰 변화를 주지 않고, 러너의 간단한 변경으로 내측과 외측 캐비티의 균형된 충전을 이루도록 하였다. 2차 러너의 내측과 외측의 불균일한 전단률을 줄이고자 내측의 러너를 깎아주었다. 큰 전단률을 가지는 내측의 수지흐름이 Trim-runner를 지난 후에는 내측과 외측의 전단률의 차이가 감소되어 균형충전을 이루게 될 것이다.

3. 사출성형해석

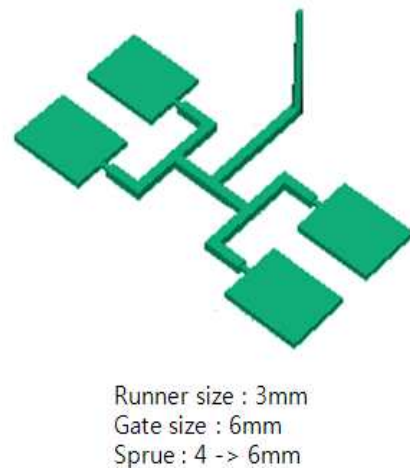
3.1 사출성형해석 조건

사출성형해석 프로그램으로 Moldflow AMI-R2를 사용하였고, 내측으로부터 0-3mm의 지점에서부터 러너를 깎은 차이에 대하여 해석을 수행하였다. 러너와 스프루를 1D 타입의 빔메쉬(Beam mesh)로 사용 하게



[그림 2] Trim-runner system

될 경우 러너 내의 전단마찰열이 고려되지 않는다. 따라서 제품과 러너, 스프루 모두를 전단마찰열이 해석 가능한 3D 메쉬(tetra mesh)를 사용해야 충전불균형 현상이 구현된다. 해석에 사용된 수지는 제일모직의 PC (Staren HF-1023IM)을 사용하였고, 기본적인 사출 조건인 수지온도, 금형온도, 사출속도는 [표 1]에 나타내었다. 해석에 사용된 모델은 H형태의 기본적인 러너와 4캐비티의 금형이다. [그림 3]은 모델 및 러너, 게이트, 스프루의 크기를 나타내었다.

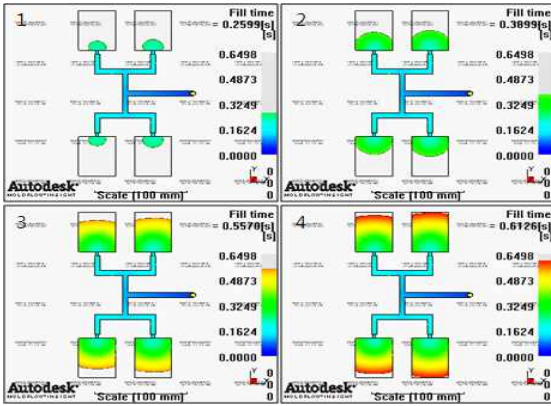


[그림 3] 해석에 사용된 모델 및 러너, 게이트, 스프루의 크기

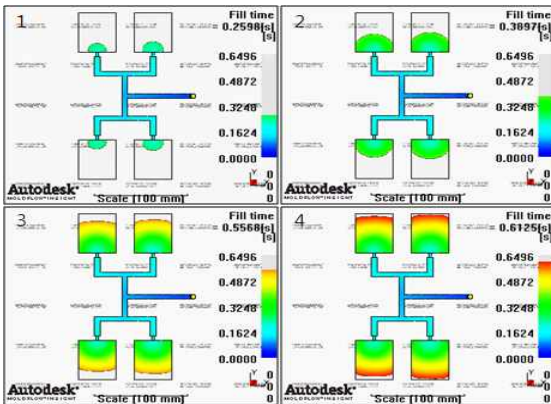
[표 1] 사출성형해석 조건

	Mold Temp.	Melt Temp.	Injection rate	V/P switch-over	Resin	Trim
Case1	80°C	290°C	80cm/sec	Volume filled 98%	PC	0mm
Case2						1mm
Case3						2mm
Case4						3mm

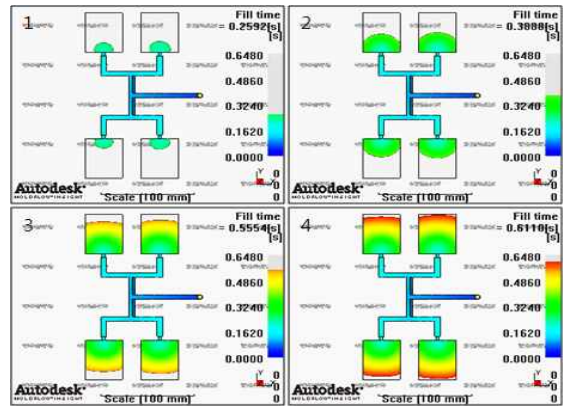
3.2 사출성형해석 결과



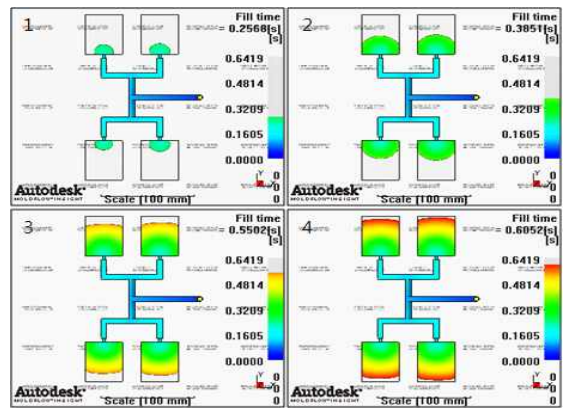
[그림 4] Case1의 충전패턴



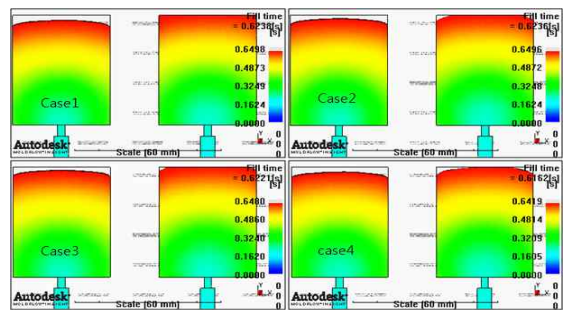
[그림 5] Case2의 충전패턴



[그림 6] Case3의 충전패턴

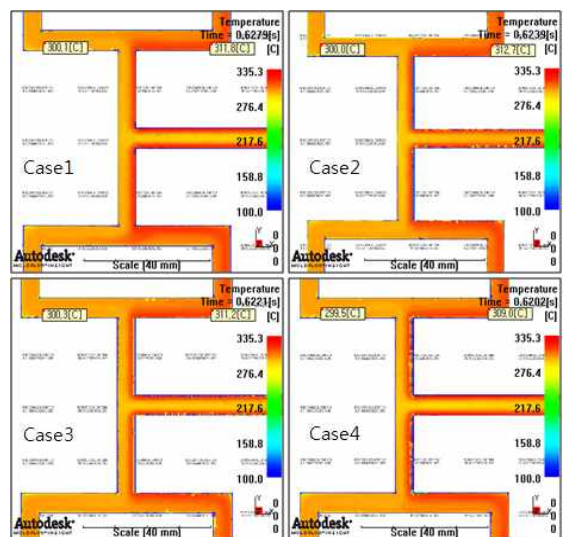


[그림 7] Case4의 충전패턴



[그림 8] 동일한 시간대의 각 캐비티의 충전형태

[그림 4] ~ [그림 7]까지는 각 Case에 대한 충전패턴을 나타낸 그림이다. 전체적인 충전패턴은 큰 차이점을 나타내지 않았다. [그림 8]의 캐비티를 확대한 그림으로 Case1의 내측 캐비티가 충전완료 된 시점을 기준으로 동일한 시간대에서의 각 캐비티의 충전형태를 살펴보면 완전한 충전균형을 이루는 것은 아니지만 Case4의 경우가 충전균형이 가장 잘 이루어진 것을 알 수 있다. 이러한 이유는 [그림 9]에서 나타나듯이 온도의 차이에 의한 결과라고 할 수 있다. 1차러너에서 러너벽 근처의 온도가 가장 고온으로 나타난 것을 볼 수 있고, 2차러너에서 분기된 용융수지가 외측보다 내측이 고온의



[그림 9] Case1과 Case4의 온도분포

흐름을 나타낸 것을 알 수 있다. 또한 3차러너의 온도를 보면 Case1보다 Trim-runner가 설치된 Case4에서 약 3℃ 정도 낮게 나타나고 있다. 이를 통해 전단률의 감소에 Trim-runner system이 효과가 있다고 판단 할 수 있다.

4. 결론

본 연구에서는 다수 캐비티 사출성형에서 균형된 충전을 위한 새로운 러너시스템인 Trim-runner를 제안 하였다. 이 러너시스템의 유효성을 검토하기 위해 사출 성형해석 프로그램을 통해 유동해석을 실시하였으며 Case2, 3의 경우는 충전패턴 및 온도분포에 대해서 Trim-runner가 미설치 된 Case1과 차이를 보이지 않았고, Case4의 경우는 충전패턴 및 온도분포에서 차이를 보였으며 3차러너에서 내측과 외측으로 흐르는 수지의 온도차이가 약 3℃감소가 된 것을 통해 전단률 감소에 대해 효과가 있다는 것을 알 수 있었다. 완전한 균형충전은 아니었지만 연구가 계속되어 개선시킨다면 불균형충전을 줄일 수 있을 것이다. 또한 성형해석시뮬레이션 결과를 바탕으로 실사출을 하게 될 경우 동일한 결과를 얻을 수 있을 것으로 판단된다.

감사의 글

본 연구는 교육과학기술부와 한국산업기술진흥원의 지역혁신인력양성사업으로 수행된 연구 결과임

참고문헌

[1] 김동학, 이재원, 김태완, “금형온도가 사출성형품의 웰드라인과 치수안정성에 미치는 영향에 관한 연구”, 한국산학기술학회논문지, 제4권, 제3호, pp. 172-176, 2003.

[2] J. P. Beaumont, Jack H. Yong, “Mold Filling Im-balance in Geometrically Balanced Runner”, Journal of Injection Molding Technology, Vol. 1, No. 3, pp. 133-135, 1997.

[3] 강철민, 정영득, 한규택, “다수캐비티 사출금형에서 러너 코어핀이 충전불균형에 미치는 영향”, 한국소성가공학회지, 춘계학술대회 논문집, pp. 39-42, 2005.

[4] 정영득, 장민규, “사출금형에서 균형충전을 위한

새로운 러너시스템 멜트버퍼”, 한국소성가공학회지, 제18권, 제2호, pp. 122-127, 2009.

[5] 박서리, 김지현, 류민영, “다수 빼기 사출성형에서 캐비티간 충전균형을 위한 새로운 러너의 설계”, Polymer(Korea), 제33권, 제6호, pp. 561-568, 2009.

[6] J. P. Beaumont, J. Ralston, “Melt Flipper technology for solving molding imbalances and related product variation”, Society of Plastics industry’s Annual Structural Plastics 99, pp. 77-84, 1999.

[7] 제덕근, 정영득, “다수 캐비티를 갖는 3매 구성 사출금형에서의 충전불균형”. 한국정밀공학지, 제21권, 제6호, pp. 118-121. 2004.