

# 다수 캐비티 사출금형에서 충전 균형을 위한 런너의 설계

강민아<sup>1</sup> · 류민영<sup>#</sup>

## Runner Design for Filling Balance in Multi-cavity Injection Mold

M. A. Kang and M.-Y. Lyu

### Abstract

Flow imbalance among the cavities was often observed in multi-cavity mold. The flow imbalance affects on the dimensions and physical properties of molded articles. First of all, the origin of flow imbalance is geometrical imbalance of delivery system. However, even the geometry of delivery system is balanced the cavity imbalance is being developed. This comes from the temperature distribution in the cross-section of runner, which is affected by the operational conditions. In this study, experimental study of flow imbalance has been conducted for various injection speeds. This study also suggests new runner design to eliminate flow imbalance in multi-cavity injection mold. Simulation and experimental results showed suggested new designed runner could eliminate or reduce flow imbalance in multi-cavity injection mold.

**Key : Filling Imbalance, Multi-cavity Injection Mold, Delivery System, Runner Design, Screw Type Runner**

### 1. 서론

렌즈나 휴대폰 부품과 같은 소형 플라스틱 부품들은 보통 다수 캐비티 사출금형을 사용하여 성형된다. 이러한 금형에서의 사출성형은 각 캐비티 간 편차가 없이 균일한 제품이 성형되도록 충전의 균형이 이루어져야 한다. 충전의 불균형은 사출품의 치수 및 중량의 편차 뿐 아니라 제품의 물리적 특성에도 영향을 미친다. 충전의 균형을 위해서는 우선 Delivery System 즉, Sprue, Runner 그리고 Gate 의 설계가 기하학으로 균형을 이루어야 한다. 그러나 Delivery System 이 기하학적으로 균형 있게 설계가 되어 있다 하더라도 각 캐비티 간 충전 불균형은 여전히 발생할 수 있다 [1].

런너내의 수지의 흐름은 런너의 크기 및 길이,

런너의 분기 등 런너의 기하학적 형상과 성형조건, 즉 속도, 온도 등의 영향을 받으며 재료에 따라서도 다르게 나타난다[2-4]. 이러한 여러 조건들은 런너에서의 온도변화를 일으키며 런너에서의 불균일한 온도 변화 및 분포는 캐비티간의 흐름 불균형을 유발시키게 된다. 이러한 충전 불균형을 원인 및 충전 균형을 이루는 장치 개발을 통하여 개선을 위한 연구가 활발히 진행되었다[5,6]. 본 연구에서는 사출속도에 따른 실험을 통하여 충전 불균형 현상을 관찰하고 원인을 파악하였다. 또한 기하학적으로 균형 있는 런너 시스템을 갖춘 다수 캐비티 사출금형의 충전 불균형을 해소하기 위한 방안으로 스크류 런너를 채용한 새로운 런너 시스템을 제시하였으며 사출 성형 실험과 CAE를 통하여 충전 균형을 확인 할 수 있었다.

1. 서울산업대학교 산업대학원

# 류민영: 서울산업대학교 공과대학 금형설계학과,

E-mail:mylyu@snut.ac.kr

## 2. 실험 및 사출성형 해석

### 2.1 실험모델

Fig. 1 은 본 연구에서 충전 불균형 현상을 알아보기 위해 사용한 실험 모델로 사출금형에서 캐비티의 형상과 Delivery System 이 함께 나타나 있다. Fig. 2 는 균형 충전을 위한 스크류 런너를 적용한 실험 모델 및 스크류 런너 타입이 나타나 있다. 둥근 런너 형상 및 스크류 런너의 인서트 코어를 제작하여 2 차런너에 적용하였다. 스크류 런너 타입은 총 4 가지로 나사산 높이와 스크류 감긴 수를 변화하였다. Type A 와 Type B 는 나사산 높이가 1.5mm, 감긴 수는 각각 3.5, 5.5 바퀴이고 Type C 와 Type D 는 나사산 높이가 3mm, 감긴 수는 각각 3.5, 5.5 바퀴이다.

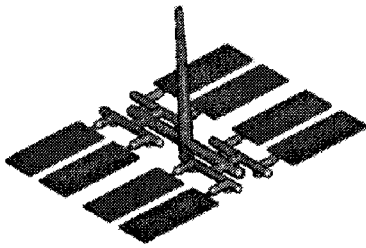
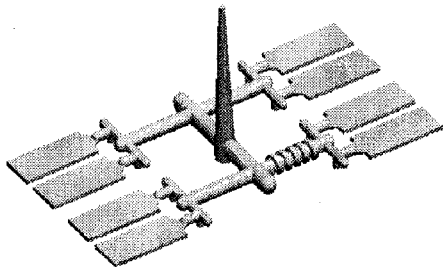
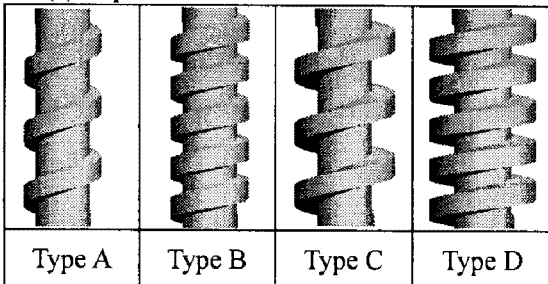


Fig. 1 Experimental model for filling imbalance



(a) Experimental model with screw runner



(b) Screw runner type

Fig. 2 Experimental model & screw type runner for filling balance

### 2.2 실험 장비 및 실험 조건

본 연구에서 충전 불균형 현상을 알아보기 위

해 사용된 사출기는 Sumitomo 사출기 (SE50D)이며 형체력은 50ton, 최대 사출압은 2760kgf/cm<sup>2</sup>, 최대사출속도 500mm/sec, 스크류 지름은 20mm 이다. 수지는 삼양사의 PC 인 Trirex 3025 GRU30 을 사용하였다. 사출속도가 각 캐비티의 충전에 어떠한 영향을 미치는지 알아보기 위해 속도를 50, 150, 250mm/sec 로 변경하고 수지온도 300℃, 금형 온도 105℃의 성형조건으로 사출성형 실험을 수행하였다. 새로운 스크류 런너를 적용하여 충전 균형을 위한 실험에서 사용된 사출기는 LS 사출기 (IDE 140EN)이며 형체력은 140ton, 최대사출압은 1550kgf/cm<sup>2</sup>, 최대사출속도는 124mm/sec, 스크류 지름은 45mm 이다. 수지는 LG Chem.사의 ABS 인 HF 360U 와 LG Dow 사의 PC 인 301-EP30 을 사용하였다. 사출속도는 100mm/sec, 수지온도는 ABS 220℃, PC 280℃, 온조기 온도는 ABS 60℃, PC 80℃에서 스크류 런너 타입에 따른 실험을 수행하였다.

### 2.3 사출성형 해석

각 캐비티에서의 충전현상을 모사하기 위해 사출성형해석 전용 프로그램인 Moldex3D 를 사용하였다. 헥사와 테트라라 복합메쉬 형태의 3 차원 요소로 해석을 하였으며 해석 조건은 사출 성형 실험의 조건과 동일하게 적용하였다

## 3. 결과 및 고찰

### 3.1 충전 불균형 원인 분석

PC 재료에 대하여 여러 사출속도에서 충전에 미치는 영향을 관찰하였다. PC 에서 사출속도에 따른 충전현상을 Fig. 3 에 나타내었다. 충전 현상은 사출 스트로크를 조절하며 미성형 실험을 수행한 것이다. 사출속도를 50, 150, 250mm/sec 로 변경시켜 미성형 실험한 결과 모든 조건에서 충전 불균형이 나타났다. 스프루와 가까운 중앙부분의 캐비티가 스프루에서 멀리 떨어진 바깥부분의 캐비티 먼저 충전 되었다. Fig. 4 는 사출속도 150mm/sec 에서 PC 의 런너에서의 온도 분포를 나타내었다. 수지가 스프루를 지나 런너를 지날 때 런너벽면은 큰 전단속도를 갖게 되어 온도상승이 크고 중앙부분은 온도상승이 작다. 따라서 온도가 높은 벽면쪽에 수지가 점도가 낮아 흐름이 좋아져 안쪽 캐비티의 충전이 빠르게 된다. 사출속도에 따라서는 속도가 작은 50mm/sec 일 때 보다 속도가 큰

250mm/sec 에서 충전 불균형이 컸다. 이러한 현상은 유동채널 단면의 온도분포에 기인되며 런너 단면에서 온도상승은 전단변형율과 관계가 있다. 사출속도가 증가되면 유동채널 단면 내 런너 벽면과 중심부 전단 변형율의 불균일한 분포가 크게 되어 온도 불균일이 더욱 심화되기 때문에 캐비티 간의 충전 불균형 차가 더 크게 된다. Fig. 5 는 PC 의 사출속도에 따른 온도분포를 나타내고 있는데 사출속도가 증가될수록 캐비티 간 온도 불균형이 심화됨을 알 수 있다.

Injection Speed	Short Shot for Stroke				
50 (mm/sec)					
150 (mm/sec)					
250 (mm/sec)					

Fig. 3 Flow pattern of PC

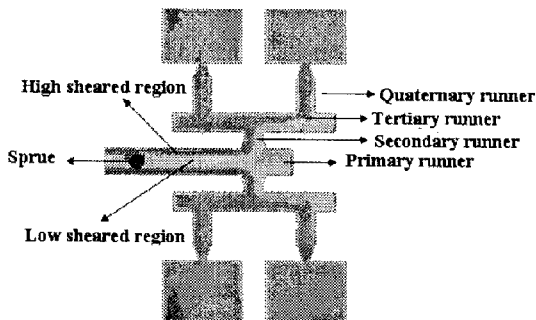
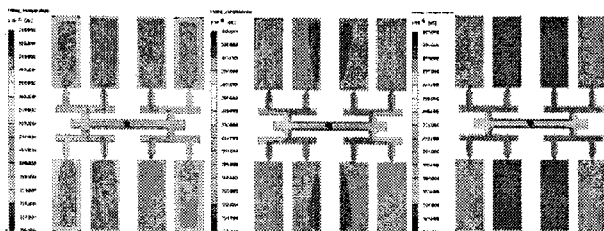


Fig. 4 Computer simulation of temperature distribution in runner for speed 150mm/sec.



(a) Speed 50 (b) Speed 150 (c) Speed 250

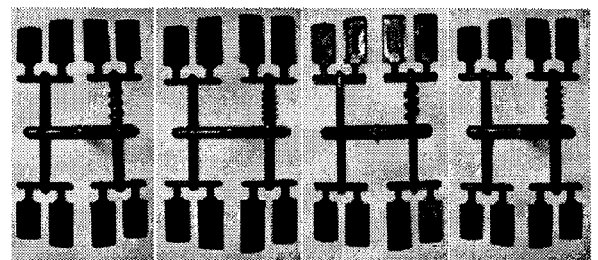
Fig. 5 Computer simulation of temperature distribution for various injection speeds

### 3.2 균형 충전을 위한 런너 설계

Fig. 6과 Fig. 7은 각각 ABS와 PC에서의 스크류 런너 타입에 따른 실험을 나타내었다. 모든 런너 타입에서 둥근 형상의 런너를 가지는 캐비티에서는 캐비티간 충전 불균형을 보이는 반면 스크류 런너를 가진 캐비티에서는 안쪽 캐비티와 바깥쪽 캐비티가 균일하게 충전되었다.

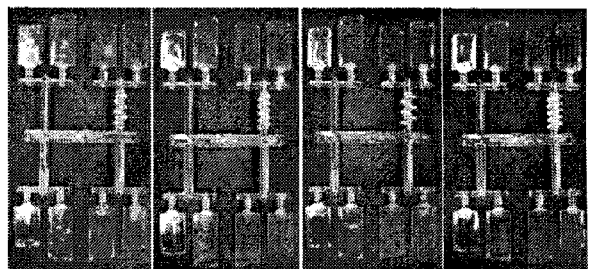
ABS 경우 모든 런너 타입에서 충전 균형을 이루었고 나사산의 높이, 감긴 수를 달리한 스크류 런너 타입에 따른 충전 패턴의 차이는 미미하였다.

PC 경우 Type A와 Type B가 Type C와 Type D보다 좋은 충전 균형을 이루었다. 즉, 나사산의 높이가 1.5mm일 때 3mm보다 좋은 충전 균형을 보였다. 이는 나사산의 높이가 너무 클 경우 수지의 통로가 커서 유동이 커져 충전 균형이 나빠지고 너무 작으면 런너 단면내 온도 균일성이 떨어져 충전 균형이 나빠진다고 판단된다. 따라서 나사산의 높이가 적절해야 한다. 스크류 감긴 수에 따라서는 충전 패턴에 차이가 없었고 본 연구에서는 감긴 수가 3바퀴 이상이면 충전 균형을 이루는데 큰 문제가 없으리라 판단된다.



(a) Type A (b) Type B (c) Type C (d) Type D

Fig. 6 Flow pattern of ABS for screw type runner



(a) Type A (b) Type B (c) Type C (d) Type D

Fig. 7 Flow pattern of PC for screw type runner

Fig. 8은 ABS에서 스크류 런너 Type B를 적용한 다수 캐비티 간의 온도 분포 및 런너단면의 온도를 나타내고 있다. 둥근 런너를 지나는 캐비티 간의 온도 분포는 안쪽 캐비티의 온도가 바깥쪽 캐비티의 온도보다 높게 나타나는 반면 스크류 런너를 지나는 캐비티간의 온도 분포는 균일함을 알 수 있다. 런너단면의 온도분포를 보면 둥근 런너 단면의 온도분포는 어느 구간에서나 스프루와 가까운 벽면의 온도가 높게 나타나는 불균일한 온도분포를 보이며 E-E'의 구간에서 A-A'의 구간으로 흘러 갈수록 런너 단면 온도분포의 불균일은 더욱 심해짐을 알 수 있다. 반면 스크루 런너 단면의 온도 분포를 보면 1차 런너와 가까운 구간인 J-J'의 런너 단면의 온도분포는 기존 런너 단면인 E-E'와 마찬가지로 스프루와 가까운 벽면의 온도분포가 높게 나타나는 온도 불균일을 보이나 J-J'에서 F-F'로 흘러 갈수록 런너 단면에서의 온도가 균일해 졌다. 따라서 스크루 타입의 런너부의 캐비티 간 온도가 균일해져 캐비티 간 충전이 균형을 이루게 된다.

스크루 런너의 캐비티간 압력분포는 Fig. 9와 같이 계산되었다. 스크루 타입의 런너부의 캐비티간 압력분포는 균일한 반면 기존 런너를 가진 캐비티간 불균일한 압력분포를 보였다.

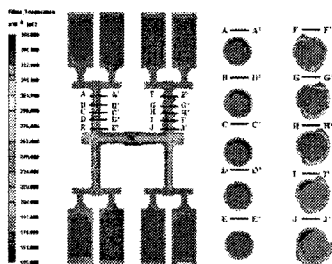


Fig. 8 Computer simulation of temperature distribution in runner type B for ABS

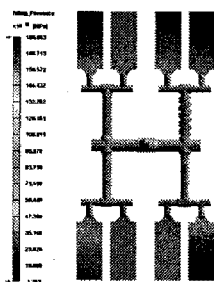


Fig. 9 Computer simulation of pressure distribution in runner type B for ABS

#### 4. 결론

다수 캐비티 사출성형에서 사출속도에 따른 실험을 통하여 충전 불균형 원인을 파악하였다. 또한 충전 불균형 개선을 위해 스크루 런너를 적용한 실험을 통하여 나타난 결과를 요약하면 다음과 같다.

(1) 충전 불균형 실험 경우 모든 사출속도에서 안쪽 캐비티가 먼저 채워지는 충전 현상을 보였으며 사출속도가 증가될수록 충전 불균형은 심해졌다. 충전 불균형 발생은 런너 내 불균일한 온도 분포로 기인되며 이를 해결하기 위한 새로운 런너 설계를 제시하였다.

(2) 스크루 나사산 높이에 따라서 ABS 경우 차이가 없는 반면 PC 경우 1.5mm 경우 3mm 보다 충전 균형이 좋았다. 따라서 충전 균형을 위해서는 나사산 높이가 적절해야 한다.

(3) 스크루 감긴 수에 따라서 PC, ABS 모두 차이가 없었고 3 바퀴 이상이면 충전 균형을 이루었다.

#### 참고 문헌

- [1] Jhon P. Beaumont, Jack H. Young & Matthew J. Jaworski, 1998, Mold Filling Imbalances in Geometrically Balanced Runner Systems, ANTEC, pp. 599-604.
- [2] Beaumont, J. Ralston, J. Shuttleworth, A., 1999, Trouble Shooting Cavity to Cavity Variations in Multicavity Injection Molds, ANTEC, pp. 461-466
- [3] Sen Yeu Yang, Tzu Chien Huang, Po Hsun Huang, and Tai Yu Ko, 2008, Study on Flow Imbalance during Filling a Multi-Cavity Mold Using a H-type Runners, Key Engineering Materials, pp. 1306-1311
- [4] 강민아, 류민영, 김영경, 김준민, 2007, 다수 캐비티의 사출성형품에서 충전의 불균형과 치수편차의 고찰, 한국소성가공학회 추계학술대회 논문집, pp.266~270
- [5] Hoffman, D. A. Beaumont, J. P., 2001, The Cause & Solution to Mold Filling Imbalances, SAE transactions, 110(5), pp.805-811
- [6] Beaumont, J. Ralston, J., 1999, "Melt Flipper" Technology for Solving Molding Imbalances and Related Product Variations, ANTEC, pp.77-84