

다수 캐비티 사출금형에서 충전 불균형 원인 분석 및 스크류 런너 디자인

강민아[†] · 김혜연 · 류민영[‡]

서울산업대학교 산업대학원 정밀기계공학과

A study on coupling effect during lifting

Min-A Kang[†] · Hae-Yeon Kim · Min-Young Lyu

The Graduate School of Industry and Engineering, Seoul National Univ. of Technology

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

1. 서 론

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 Gate의 설계가 기하학으로 균형을 이루어야 한다. 그러나 Delivery System이 기하학적으로 균형 있게 설계가 되어 있다 하더라도 각 캐비티 간 충전 불균형

은 여전히 발생될 수 있다¹⁾. 런너내의 수지의 흐름은 런너의 크기 및 길이, 런너의 분기 등 런너의 기하학적 형상과 성형조건, 즉 속도, 온도 등의 영향을 받으며 재료에 따라서도 다르게 나타난다^{2,3)}. 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.

교신저자 : 서울산업대학교 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 System이 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 2차런너에 적용하였다. 스크류 런너 타입은 총 4가지로 나사산 높이와 스크류 감긴 수를 변화하였다. Type A와 Type B는 나사산 높이 1.5mm, 감긴 수는 각각 3.5, 5.5 바퀴이고 Type C와 Type D는 나사산 높이 3mm, 감긴 수는 각각 3.5, 5.5바퀴이다.

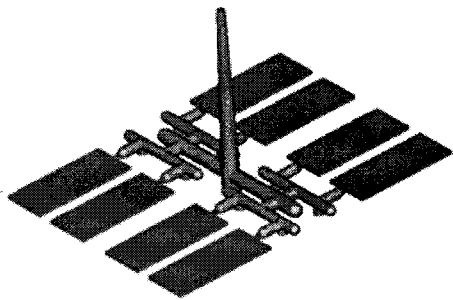
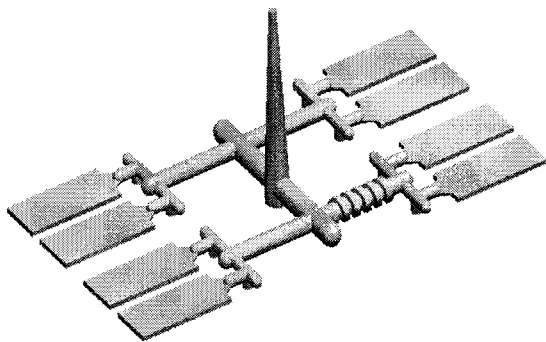
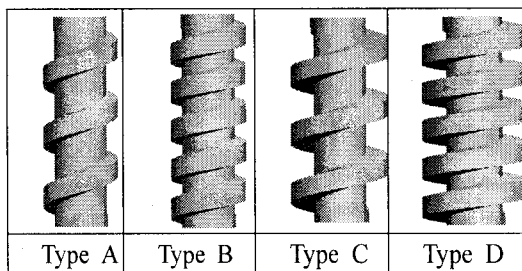


Fig. 1. Experimental model for filling imbalance



(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 위해 사용된 사출기는 Sumitomo 사출기 (SE50D)이며 형체력은 50ton, 최대 사출압은 2760kgf/cm², 최대사출속도 500mm/sec, 스크류 지름은 20mm이다. 수지는 삼양사의 PC인 Trirex 3025 GRU30을 사용하였다. 사출속도가 각 캐비티의 충전에 어떠한 영향을 미치는지 알아보기 위해 속도를 50, 150, 250mm/sec로 변경하고 수지온도 300℃, 금형온도 105℃의 성형조건으로 사출성형 실험을 수행하였다. 새로운 스크류 런너를 적용하여 충전 균형을 위한 실험에서 사용된 사출기는 LS사출기 (IDE 140EN)이며 형체력은 140ton, 최대사출압은 1550kgf/cm², 최대사출속도는 124mm/sec, 스크류 지름은 45mm이다. 수지는 LG Chem.사의 ABS인 HF 360U와 LG Dow사의 PC인 301-EP30을 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 Moldex3D를 사용하였다. 핵사와 테트라 복합메쉬 형태의 3차원 요소로 해석을 하였으며 해석 조건은 사출 성형실험의 조건과 동일하게 적용하였다

3. 결과 및 고찰

3.1. 충전 불균형 원인 분석

PC재료에 대하여 여러 사출속도에서 충전에 미치는 영향을 관찰하였다. PC에서 사출속도에 따른 충전현상을 Fig. 3에 나타내었다. 충전 현상은 사출 스트로크를 조절하며 미성형 실험을 수행한 것이다. 사출속도를 50, 150, 250mm/sec로 변경시켜 미성형 실험한 결과 모든 조건에서 충전 불균형이 나타났다. 스프루와 가까운 중앙부분의 캐비티가 스프루에서 멀리 떨어진 바깥부분의 캐비티 먼저 충전 되었다. Fig. 4는 사출속도 150mm/sec에서 PC의 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/sec일 때 보다 속도가 큰 250mm/sec에서 충전 불균형이 컸다. 이러한 현상은 유동채널 단

면의 온도분포에 기인되며 런너단면에서 온도상승은 전단변형율과 관계가 있다. 사출속도가 증가되면 유동 채널 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. 5는 PC의 사출속도에 따른 온도분포를 나타내고 있는데 사출속도가 증가될수록 캐비티 간 온도 불균형이 심화됨을 알 수 있다.

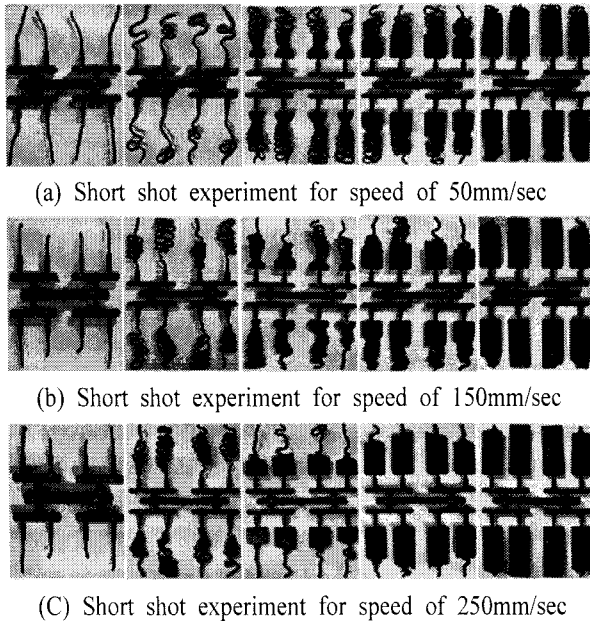


Fig. 3. Flow pattern of PC

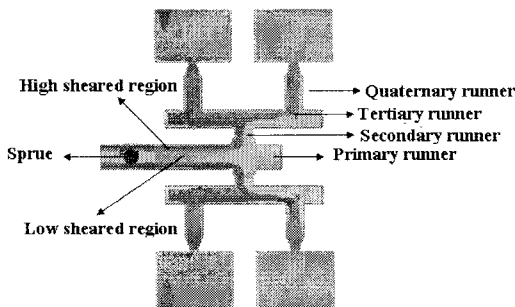


Fig. 4. Computer simulation of temperature distribution in runner for speed 150mm/sec.

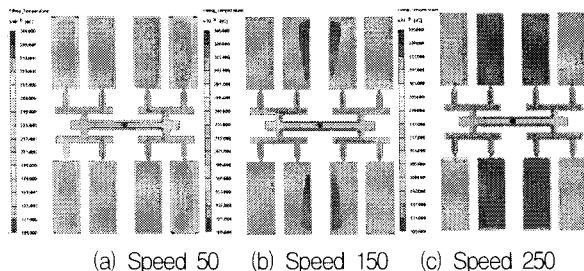


Fig. 5. Computer simulation of temperature distribution for various injection speeds

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 캐비티 간 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 커져 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.

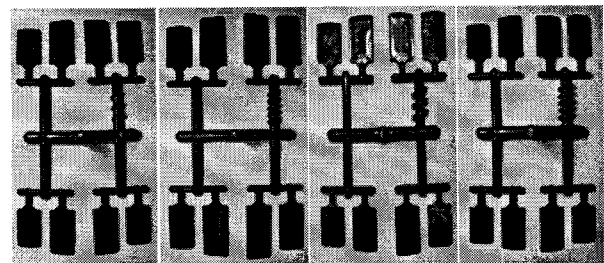


Fig. 6. Flow pattern of ABS for screw type runner

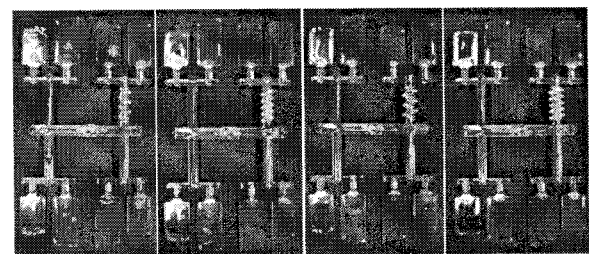


Fig. 7. Flow pattern of PC for screw type runner

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 온도분

포를 보면 동근 런너 단면의 온도분포는 어느 구간에 서나 스프루와 가까운 벽면의 온도가 높게 나타나는 불균일한 온도분포를 보이며 E-E'의 구간에서 A-A'의 구간으로 흘러 갈수록 런너 단면 온도분포의 불균 일은 더욱 심해짐을 알 수 있다. 반면 스크류 런너 단 면의 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 스크류 타입의 런너부의 캐비티 간 온도가 균일해 져 캐비티 간 충전이 균형을 이루게 된다.

스크류 런너의 캐비티간 압력분포는 Fig. 9와 같이 계산되었다. 스크류 타입의 런너부의 캐비티간 압력분 포는 균일한 반면 기존 런너를 가진 캐비티간 불균일 한 압력분포를 보였다.

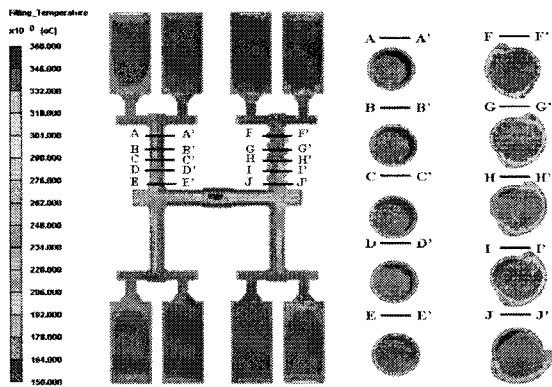


Fig. 8. Computer simulation of temperature distribution in runner type B for ABS

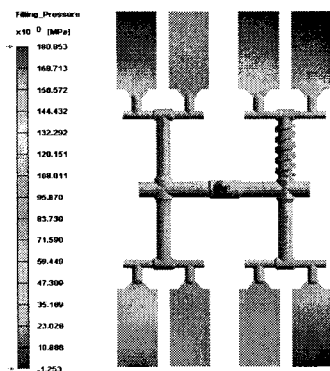


Fig. 8 Computer simulation of pressure distribution in runner type B for ABS

4. 결론

다수 캐비티 사출성형에서 사출속도에따른 실험을 통하여 충전 불균형 원인을 파악하였다. 또한 충전 불 균형 개선을 위해 스크류 런너를 적용한 실험을 통하 여 나타난 결과를 요약하면 다음과 같다.

(1) 충전 불균형 실험 경우 모든 사출속도에서 안 쪽 캐비티가 먼저 채워지는 충전 현상을보였으며 사출 속도가 증가될수록 충전 불균형은 심해졌다. 충전 불 균형 발생은 런너 내 불균일한 온도 분포로 기인되며 이를 해결하기 위한 새로운 런너 설계를 제시하였다.

(2) 스크류 나사산 높이에 따라서 ABS경우 차이 가 없는 반면 PC 경우 1.5mm경우 3mm보다 충전 균 형이 좋았다. 따라서 충전 균형을 위해서는 나사산 높 이가 적절해야 한다.

(3) 스크류 감긴 수에 따라서 PC, ABS 모두 차이 가 없었고 3바퀴 이상이면 충전 균형을 이루었다.

참고문헌

- 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 캐비 티의 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