

500um급 8캐비티 사출금형설계 제작 및 성형기술

이성희*·조광환**·이종원*·고영배*

Manufacturing and Molding Technology of 500 μ m 8Cavity Injection Molding System

S.H. Lee, K.H. Cho, J.W. Lee, and Y.B. Ko

Abstract

Recently, the need of thin-walled injection molding and enhancement of its productivity is greatly increased. In this study, we designed and manufactured a injection molding system, which can mold a part with the thickness of 500 μ m and 8 cavity. And processing technique for the multi-cavity injection molding system, which is capable of mass productivity on the plastic parts, was considered. The problems of unbalance/imbalance on the molding process for the multi-cavity mold were predicted by numerical analysis using plastic injection molding commercial code. In addition, controllable system of melt front filling was introduced for a balanced filling using the mold temperature sensor on injection mold. It was shown that balanced filling with the suggested injection molding system was possible for 500 μ m plastic parts with 8 cavity layout.

Key Words : Injection mold, Multi-Cavity, Imbalance, Unbalance, Cooling Channel, Mobile, Thin-welled

1. 서론

사출성형공정을 이용한 플라스틱제품의 적용분야는 다양한 재료의 발달과 더불어 급속도로 확대되고 있다. 이러한 이유 중에 가장 대표적인 것은 대량생산이 용이하다는데 있다. 즉, 다 캐비티(Multi-Cavity) 금형을 이용하여 한번 공정에 다수의 제품이 생산됨으로써 가능할 수 있다. 하지만 캐비티 수의 증가로 인하여 기존의 단일 캐비티에서는 발생하지 않는 충전 불균형의 문제점이

발생하였고 이를 해결하고자 센서를 활용한 다 캐비티 성형기술은 미국, 독일 등 선진국들에서는 이미 수십 년 이상 활용해서 효과가 입증된 기술들이나 국내에서는 아직 보편화 되어 있지 않고 일부 연구소 주도로 진행되고 있는 실정이다.

특히, 휴대폰을 포함한 이동통신용 플라스틱 부품들은 대부분 크기가 작고 수량이 많기 때문에 생산성과 효율 면에서 다 캐비티(Multi-Cavity)사출성형으로 제작시도하고 있으나 충전 불균형(unbalance) 문제로 인하여 캐비티 수를 제한하는 등 생산의 효율성을

* 한국생산기술연구원 정밀금형팀

** (주)모베이스, 기술연구소

위해 채택한 다 캐비티 기술의 적용효과를 100% 활용하지 못하고 있는 실정에 있다. 이러한 다 캐비티 사출 성형은 한 공정에 다수의 제품을 만들 수 있다는 장점이 있으나 휴대폰이나 블루투스 제품이 점차로 고급화되고 기능이 추가되면서 고품질을 요구하기 때문에 금형제작이 난해하게 되고 품질에 대한 문제의 발생소지가 많아 개발 뿐 만 아니라 양산적용에도 쉽지 않는 상황. 혹 적용이 된 제품도 생산성 면에서 다 캐비티에 대한 양산의 어려움 때문에 관련분야의 연구가 요구되고 있다.

따라서 본 연구에서는 다 캐비티 충전 불균형을 해결하고자 금형설계 단계에서 사출성형해석기술을 적용하여 불균형의 문제점을 해결하고 대량생산이 용이한 고품질의 다 캐비티 사출금형을 설계 및 제작하였다.

2. 사출성형해석 및 금형설계

Fig. 1에서는 본 연구에서 개발대상인 평균두께 500 μ m급 블루투스 이어폰 케이스 제품 모델 형상을 보여주고 있으며, 기존에 4-cavity 금형을 제작하여 성형하고 있는 제품이다. 제시된 모델은 외형적으로는 매우 단순한 형상처럼 보이지만 부품의 두께가 매우 얇아 단일 부품에 대해서도 충전이 쉽지 않은 부품이다. 이는 상대적으로 얇은 두께로 인해 충전과정에서 금형 양측 벽면에서 급격한 고화층(frozen layer)이 형성되어 충분한 유동층을 확보하기 어렵기 때문이다. 결과적으로 미충전 및 고압성형이 요구되는 제품이다. 이러한 부품을 멀티캐비티 금형으로 구현할 경우 많은 불량 발생되고 있는 실정이다. 물론 제품의 두께가 얇아도 유동거리가 짧을 경우 많은 성형불량이 해결되기는 하지만 Fig. 1에서 보듯이 본 부품의 경우는 플라스틱 재료 유동성이 안좋은 PC이면서, 유동거리가 상대적으로 길어(약 50mm, $L/t > 100$) 사출성형이 매우 어려운 부품이다.

한편 현재 사용 중인 4cavity 금형 및 사출기의 성능을 고려할 때 이론적으로는 8-cavity 이상 제작이 가능하나 다 캐비티의 충전 불균형의 문제점으로 인하여 4-cavity로 제한하고 사용하고 있어 많은 부분에

있어 비효율적 생산이 이루어지고 있는 실정이다. Fig. 2에서는 연구개발협의를 통해 설계된 금형설계 결과의 유동해석용 모델을 보여주고 있다. 금형설계에서 가장 주요하게 고려한 점은 균일충전성이다. 이를 위해 캐비티별 온도제어가 가능한 핫러너 시스템을 도입하였으며, 압력의 최소화를 위해 게이트 설계, 부품의 균일 냉각 및 생산성을 고려한 금형설계를 수행하였다.

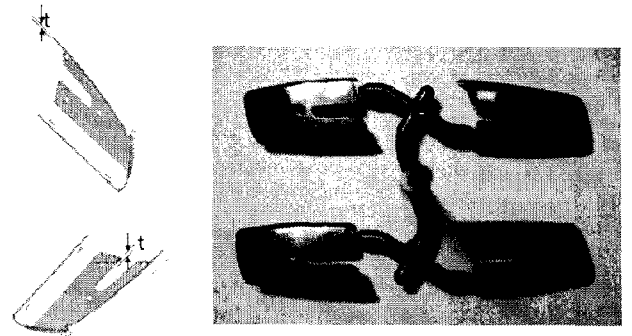


Fig. 1 Geometry of part and previous layout for injection molding(part thickness=500 μ m)

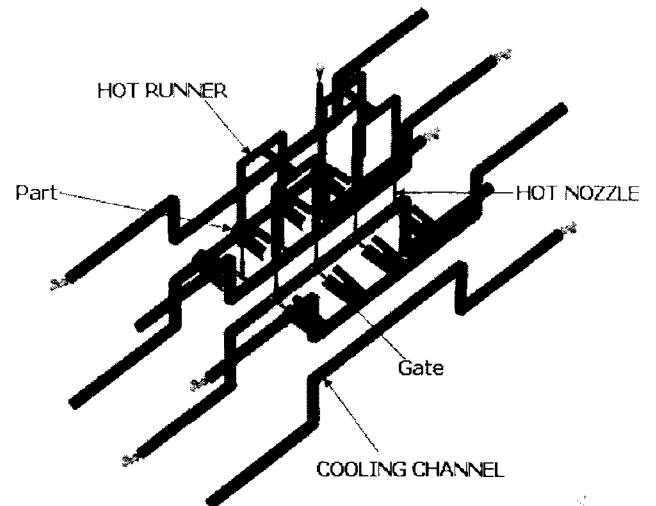


Fig. 2 Result of injection mold design with part thickness of 500 μ m and 8cavity layout

3. 균일충전시스템

앞 절에서 언급되었던 멀티캐비티 사출금형의 자동균일 충전시스템에 대한 구성도를 Fig. 3에 제시하였다. 시스템 구축에서 가장 중요한 부분중에 하나가 캐비티 압력과 온도센서의 설치이다. 즉, 압력센서와 온도센서의 설치 위치의 설정은 신중히 진행되어야 하며, 본 연구에서는 사출성형해석 결과를 기초로 하여 압력센서는 게이트 부근에 온도센서는 유동의 끝단에 설치하였다. 이렇게 설치된 센서로부터 발생하는 각각의 신호는 증폭기를 거쳐 프리아म्프에서 제공된 자동온도제어기로 전달된다. 전달된 신호는 자동제어 프로그램에 의해 판단 및 분석되어 결과적으로 사출금형에 설치된 각각의 핫노즐 온도를 제어하게 되고, 이러한 반복 작업을 통해 일정 오차 범위까지 반복 작업을 수행하여 결과적으로 균일 충전이 발생될 수 있게 한다.

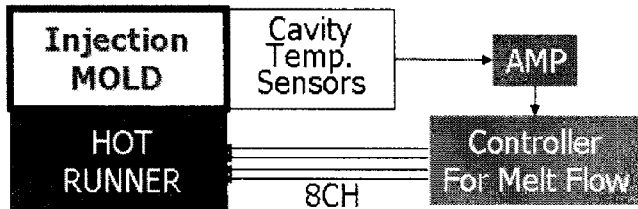


Fig. 3 Developed balanced filling system for 8cavity injection mold

4. 실험 결과 및 고찰

구축된 500 μ m급 8캐비티 사출금형시스템을 이용하여 사출성형실험을 수행하였으며, 충전 결과중 불균일 충전 예를 Fig. 4(a)에 제시하였다. 일차 금형을 이용하여 실험을 수행하였을 경우 부품의 박육특성으로 인해 고사출압이 발생되었으며, 충전시간이 0.3초대로 고속사출이 진행되어 매우 심한 충전 불균일이 발생되었다. 불균일 충전의 원인에는 금형가공정밀도 및 조립 정밀도 또한 영향을 미침을 확인할 수 있었으며, Fig. 4(a)의 경우는 7번 캐비티에서 다른 캐비티에 비해 미충전이 발생된 결과를 보여주고 있다. 이러한 문제점은 금형가공, 사출성형, 센서설치 정밀도

등을 조정하여 해결하였다. 한편 각 캐비티 별 압력측정 결과를 Fig. 4(b)에 참고로 제시하였으며, 현재 충전밸런스 측면에서는 많은 문제점을 해결하였으나, 압력자체의 충전 완료후 분포 일정화는 추후 좀 더 연구되어야 하는 문제로 연구를 통해 확인할 수 있었다.

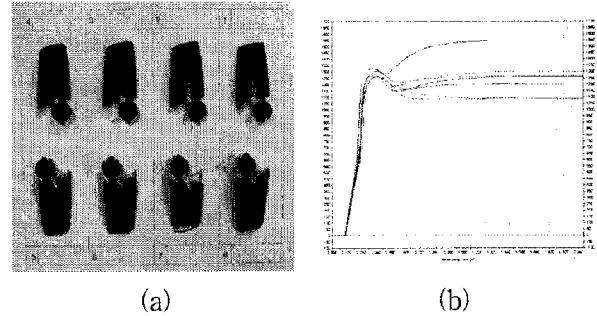


Fig. 4 Experimental example of unbalanced filling for part thickness of 500 μ m and 8cavity layout injection molding system

5. 결론

본 연구에서는 500 μ m급 박육(thin-walled) 플라스틱 부품의 균일 대량생산이 가능한 금형시스템 개발에 대한 연구를 수행하였으며, 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 금형설계에 앞서 정밀사출유동해석을 통해 박육 멀티캐비티 금형시스템에 대한 사전분석을 수행하였으며, 균일 충전성, 저압사출성형, 균일 충전성 확보 및 생산성을 고려한 8캐비티 금형시스템을 설계 제작하였다.
- 2) 불균일 충전 및 고압성형을 해결하기 위해 8캐비티 각각의 코어에 사출성형해석으로부터 얻어진 충전 패턴을 고려하여 캐비티 온도 및 압력센서를 설치하였으며, 재료손실 및 균일 충전성 제어를 위해 핫러너 자동 온도 제어시스템을 구축하였다.
- 3) 구축된 시스템을 통해 각 캐비티별 핫노즐의 자동온도제어를 수행하였으며, 결과적으로 균일 충전성이 확보된 금형시스템을 개발할 수 있었다. 그러나 연구를 통해 정밀 자동온도 제어시스템을 확보하기 위해서는 본 박육 멀티캐비티 시스템의 경우 수 μ m이내의 금형가공 및 조립 정밀도가 확보되어야 함을 확인할 수 있었다.

후 기

본 연구는 2007년 현장맞춤형 기술개발사업 및 2008년도 생산기반혁신기술개발사업(2/3)에 의해 수행되었으며, 이에 관계자 여러분께 진심으로 감사드립니다. 또한 연구에 도움을 주신 (주)모베이스 관계자 여러분 및 실험에 도움을 주신 플렉스 이옥성사장님께도 감사드립니다.

참 고 문 헌

- (1) John P. Beaumont and Jack H. Young, 1997, "Mold Filling Imbalances in Geometrically Balanced Runner Systems", Journal of Injection Molding Technology, Vol 1, No 3, pp. 133 ~ 143.
- (2) J. P. Beaumont, 2004, "Runner and gating design handbook", Hanser Publishers, pp. 114-119.
- (3) John. P. Beaumont, R. Nagel, R. Sherman, 2002, "Successful injection molding", HANSER, pp. 36-37.
- (4) J. Kang and et. al., 2007, "Injection molding process optimization using the process monitoring system", Proceedings of SPE ANTEC 2007, pp. 2509-2513.
- (5) D. Kazmer, P. Knepper, S. Johnston, 2005, "A review of in-mold pressure and temperature instrumentation", Proceedings of SPE ANTEC 2005, pp. 3300-3304.