

박판(0.3mm) 도광판 성형을 위한 유압식 고속사출성형의 성형 안정성 연구

황철진[#]·김종선¹·오정길^{1,2}·정철^{1,2}·안희정³·허영무¹·김종덕¹·윤경환²

Molding Stability of Hydro-Mechanical High Speed Injection Molding for Thin-Wall(0.3mm) LGP

C. J. Hwang, J. S. Kim, J. G. Oh, C. Jeong, H.-J. An, Y. M. Heo, J. D. Kim, K. H. Yoon

(Received November 3, 2008)

Abstract

Recently, products of electronic industry and related parts are required to have the thickness thinner and thinner to reduce the part weight. To go with this trend, LGP(light guide plate) of LCD-BLU(Liquid Crystal Display-Back Light Unit: It is one of kernel parts of LCD) for cell phone has the thickness of ~0.3mm and the battery case of cell phone has ~0.25mm. Accordingly, high speed injection molding is required to mold products which have thinner parts. To achieve high speed injection and proper control of hydraulic unit, various design was applied to conventional injection unit. In the present paper, we concentrated on the molding stability of hydro-mechanical high speed injection machine to make an LGP of 0.3mm thickness.

Key Words : High Speed Injection Molding, Molding Stability, Injection Molding Machine, Light Guide Plate(LGP), Thin-Wall

1. 서 론

현재 전자제품 및 관련부품의 경박단소화로 인해 제품의 외관이나 부품을 이루는 플라스틱 사출 성형부품의 두께 또한 계속해서 얇아지고 있다. 이러한 추세를 따라가기 위해 휴대폰용 LCD BLU(back light unit)의 부속품 중 도광판의 경우는 0.3mm의 두께로 얇아지고 있으며, 휴대폰용 배터리 케이스의 경우도 0.25mm의 두께까지 얇아지고 있다. 이와 같은 초박판의 제품을 사출성형으로 제작하기 위해 도입된 것이 고속 사출성형이다. 고속 사출성형은 성형 과정 중 고온의 수지가 냉

각과정에 의해 수지의 유동두께가 줄어들기 전에 고속으로 금형 내에 수지를 사출하여 충전을 완료하는 성형공정으로, 현재 초박판 제품의 사출성형을 위해 활발히 도입되고 있다[1~5].

국내에서 고속 사출성형기의 국산화를 위해 유압식 고속 사출성형기를 개발하고 있다. 이러한 고속사출성형을 수행하기 위해 유압식 사출성형기는 고속의 스크류 속도를 만들기 위한 유압부와 이것을 제어하기 위한 제어부의 설계가 동시에 고려되어야 하며 개발중인 고속 사출성형기의 재현성 및 기계적 신뢰성 확인은 고속 사출성형기의 개발과 함께 이루어져야 하는 중요한 요소이다.

1. 한국생산기술연구원 정밀금형팀

2. 단국대학교 기계공학과

3. ㈜선우중공업 부설연구소

교신저자: 한국생산기술연구원 정밀금형팀.

E-mail: cjhwang@kitech.re.kr

본 논문에서는 고속 사출성형기의 재현성 및 기계적 신뢰성 확인을 위한 성형안정성 평가로 사출량, 사출속도 및 사출압력 재현성 확인을 위한 방법 중 성형품의 무게 측정 및 두께 측정을 선택하여 실시하였다.

따라서 본 논문은 개발하고 있는 유압식 고속 사출성형기를 이용하여 두께 0.3mm 인 도광판 금형을 이용한 고속 사출성형 실험을 수행하여, 유압식 고속 사출성형기의 성형 안정성을 평가하고, 이러한 성형 안정성 평가를 통해 고속 사출성형기의 개선 방향의 확보를 목적으로 한다.

2. 실험 방법

2.1 유압식 고속사출성형기

본 연구에 사용된 유압식 고속 사출성형기는 Fig. 1에 보이는 (주)선우중공업의 PNS-140모델로 질소 accumulator를 이용하여 고속 사출성형을 실현하며, PID 제어에 의한 closed loop 방식으로 제어된다. 본 실험에 활용한 고속사출성형기의 스크류 직경은 25mm, 최대 사출압은 350MPa, 최대 형체력은 140ton, 스크류 배럴에 수지가 없는 경우 최대 사출속도는 2,000mm/sec, 최대 사출량은 80.5cm³/sec이다.

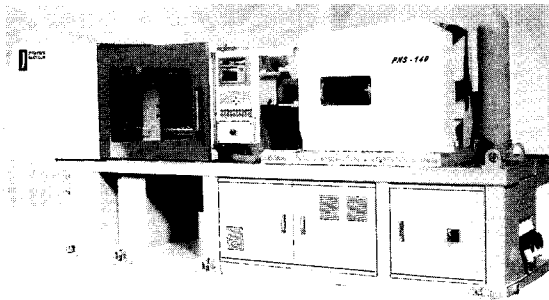


Fig. 1 High speed injection molding machine(PNS-140)

2.2 두께 0.3mm 도광판 사출성형해석

두께 0.3mm 도광판의 사출성형공정을 보다 자세히 파악하기 위해 사출성형공정 해석시스템인 Moldflow™를 이용하여 CAE 해석 모델을 만들어 성형해석을 수행하였다. 20,812개의 Fusion mesh 유한 요소로 도광판 금형 캐비티를 모델링하였으며(Fig. 2), 성형 수지는 Mitsubishi사의 Iupilon HL-4000PC(Polycarbonate)를 사용하였다. Fig. 3의 그래프는 해석 결과를 통해 얻은 최적 사출속도 프로

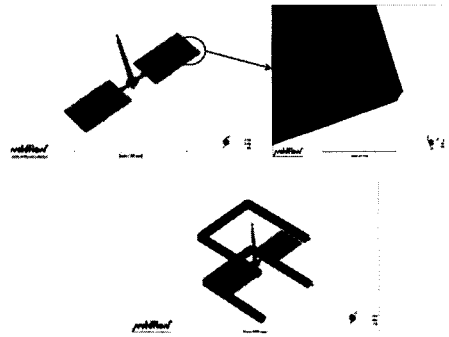


Fig. 2 Finite element model of the 0.3t LGP

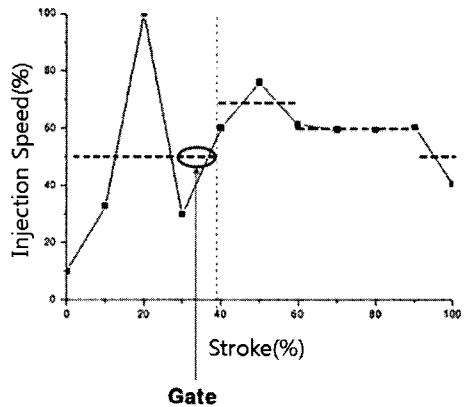


Fig. 3 Optimal injection speed profile

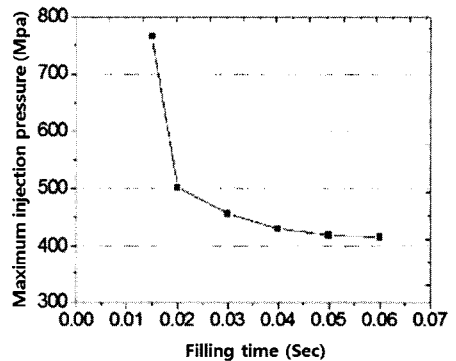


Fig. 4 Max. injection pressure vs. filling time

파일이며, 이러한 최적 사출속도 프로파일을 이용해 충전시간(filling time)에 따른 최대사출압력 결과를 Fig. 4에 나타내었다. 대부분의 사출성형기는 다단 사출속도 설정이 가능한데, 최적 사출속도 프로파일(Fig. 3의 실선)과 유사한 4단 사출속도 프로파일로 설정할 경우, Fig. 3의 점선 프로파일과 같이 설정할 수 있다. 이러한 해석결과를 토대로

최적 사출성형 충전시간인 0.04초를 실제 성형실험에 적용하였다.

2.3 고속사출 성형 안정성 실험

본 연구에서는 Mitsubishi사의 PC Iupilon HL-4000 수지를 사용하였고 사출 시 수지온도는 340°C이며, 금형온도 조절기의 설정값은 120°C, 사출속도는 900mm/sec로 설정하였다. 박판 사출성형 특성상 유동두께가 줄어드는 속도가 빨라 고속사출성형 시 금형 내에 수지가 다 찼을 때 수지가 고화되어 보압을 적용하여도 수지의 충전에 영향이 적어 본 논문에서는 충전 시 생기는 충전압에 의해 스크류가 후퇴하는 현상만을 감소시키기 위해 각 실험에 동일한 3 MPa으로 보압을 적용하였다.

금형은 실제 개발중인 두께가 0.3mm인 도광판 금형을 사용하였으며 도광판의 광학적 특성을 고려하여 핀게이트(pin gate)보다 사출성형품의 광학적 이방성을 훨씬 적게 유발하는 팬게이트(fan gate)를 적용하였다.

성형 안정성을 평가하기 위해 각 실험조건에서 사출성형이 안정화된 이후, 총 30회의 사출성형을 실시하여 초기 10회 성형품을 제외하고, 나머지 20회 성형품을 측정하였다. 성형안정성 평가 방법은 개발중인 유압식 고속사출기의 사출량, 사출속도 및 사출압력의 재현성 확인을 위해 무게 측정 및 Fig. 5에 도시한 위치에서 측정단위가 1mm인 디지털 마이크로 미터를 이용하여 두께 측정을 실시하였다.

사출성형품의 총 부피는 2,097mm³이며 사용수지의 비중(1.200g/cm³)을 고려하면 사출성형품의 이론무게는 2.517g이다.

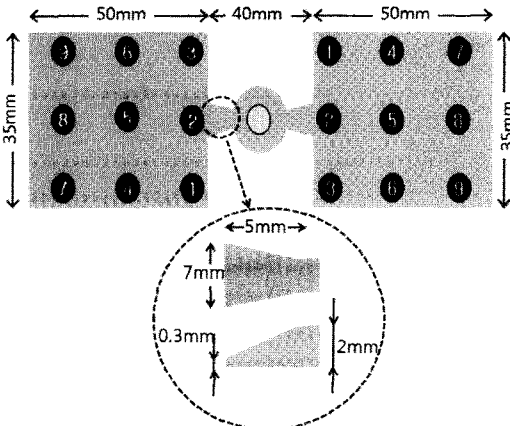


Fig. 5 Measured positions of injection molded LGP

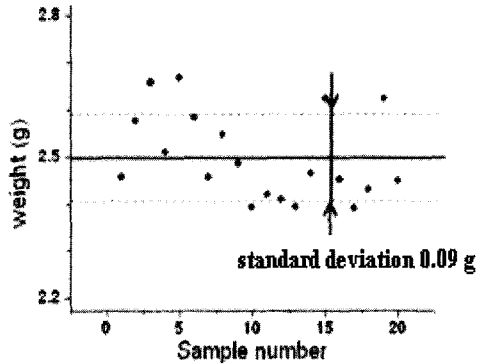


Fig. 6 The weight of injection molded LGP before improving the injection unit

3. 결 과

3.1 1차 성형품의 무게/두께 측정

1차 사출 시 금형표면의 실측온도는 95°C~100°C이며 실제 사출속도는 750~800mm/sec이다. 최종 20개의 사출품의 무게 측정 결과를 Fig. 6에 나타내었으며, Fig. 7은 두께를 측정한 결과이다.

무게 측정 결과 평균무게(2.50g)에서 표준편차가 0.09g으로 측정되었다. 이는 고속사출 시 유압식 고속 사출성형기의 스크류가 유압에 의해 뒤로 밀리고, 사출유압부의 관성력에 의해 유압부 벽에 충돌하거나 원하는 위치로 제어가 되지 않아 충전완료 후 스크류의 위치가 달라져서 계량량 및 사출량이 매 사출시마다 달라져 사출품의 무게가 균일하지 않은 문제점이 발생한 것으로 보인다.

두께측정결과를 나타낸 Fig. 7의 그래프를 보면 중심 부위의 두께가 크고 게이트 부근과 게이트에서 먼 쪽의 두께가 작아 볼록한 봉우리 형상으로 나타났다. 이는 게이트 부근에 있던 수지의 유동이 스프루(sprue) 쪽으로 이동하는 역류(back flow)현상에 의해 발생되었다고 판단된다. 역류현상의 원인은 주로 게이트 설계나 스크류 헤드부에 있는 체크링의 설계가 잘못됨으로써 발생된다. 핀게이트가 역류현상을 막는데는 유리하나 사출성형품인 도광판의 광학적 특성을 고려할 때 팬게이트를 사용할 수 밖에 없으므로 체크링의 수정을 최적화하는 방향으로 개선이 필요하다고 판단하였다. 두께 편차가 심한 이유는 앞에서 설명한 바와 같이 사출성형기의 유압부 피스톤이 관성력과 유압에 의해 정확한 제어가 되지 않아서 계량량이 달라져 발생한 것으로 보인다.

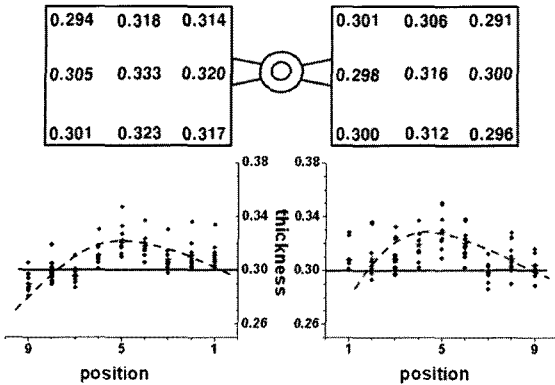


Fig. 7 The thickness of LGP(measured positions are shown in Fig. 3) before improving injection unit.

3.2 유압식 고속 사출성형기 개선

스크류가 뒤로 밀리는 현상과 역류현상을 방지하기 위해 사출 스크류의 체크링(check ring) 크기를 최적화하고 체크링의 작동범위를 축소시켰다. 그리고, 사출 시 유압부 피스톤이 관성력에 의해 유압부 벽에 충돌하는 현상을 방지하기 위해 유압부분에 충돌방지용 장치를 장착하였다.

또한, 다음의 Fig. 8과 같이 피스톤의 관성력을 줄이기 위해 사출부의 구조를 경량화하였으며 이에 따른 취약해진 사출부 구조를 보강하기 위해 Fig. 9와 같이 별도의 고정바 및 고정대를 설치하였다.

3.3 2차 성형품의 무게/두께 측정

측정방법은 3.1 장과 동일하며 Fig. 10 과 Fig. 11 은 개선 후 성형품의 무게 측정 및 두께 측정 결과에 나타내었다.

무게 측정 결과를 보면 1차 실험의 성형품 무게의 표준 편차는 0.09g(평균무게=2.50g)이었으나 2차 실험 성형품 무게의 표준편차가 0.01g(평균무게=2.61g)으로 개선되었다.

두께 측정 결과를 보면 1차 성형의 불룩한 봉오리 형상(Fig. 7 참고)이었던 성형품이 게이트에서 먼 부분까지 선형으로 두께가 감소함을 볼 수 있다. 이는 박판성형시 사출압 자체가 매우 높아 금형 내에 수지가 채워져도 사출압이 그대로 유지되기 때문에 게이트에서 가까운 부분이 가장 두껍게 성형되고 게이트에서 먼 부분이 가장 얇게 성형되기 때문이다. 이런 두께 측정 결과의 경향을 반영하여 금형 내 두께를 수정하면 두께가

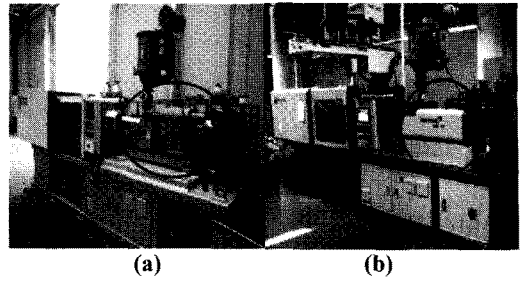


Fig. 8 The high speed injection molding machine (a) before and (b) after improving the injection unit

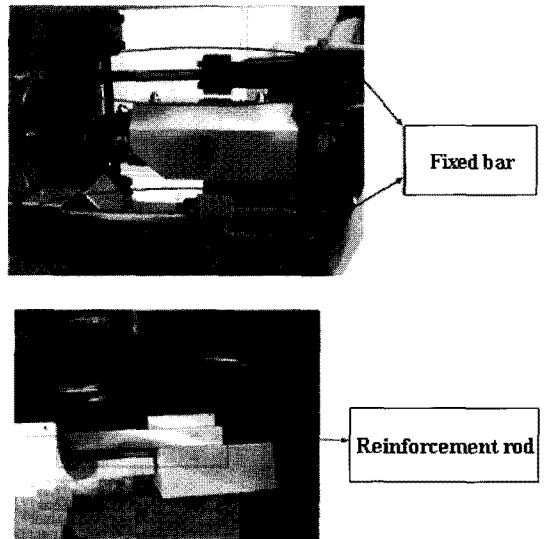


Fig. 9 The pictures of reinforced injection unit of high speed injection molding machine

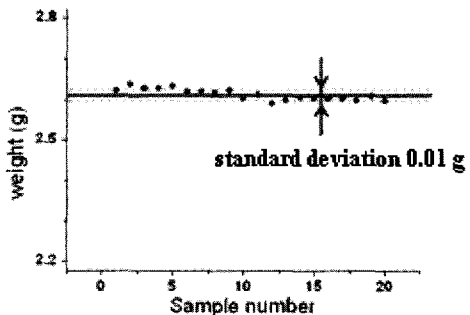


Fig.10 The weight of injection molded LGP after improving the injection unit

일정한 도광판 생산이 가능하고, 사출부 구조개선을 통해 관성력이 줄어들어 두께편차 또한 많이 개선되었음을 알 수 있다.

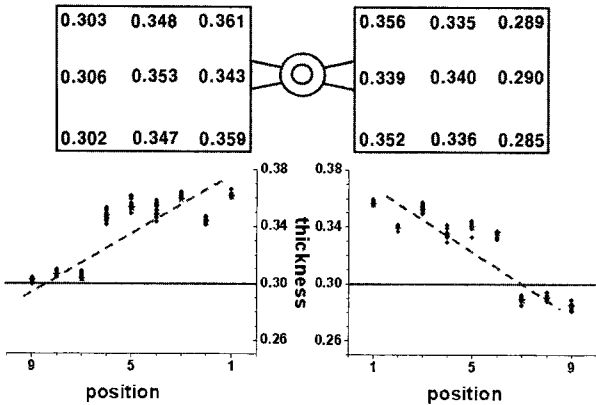


Fig.11 The thickness of LGP(measured positions are shown in Fig.3) after improving the injection unit

4. 결론

유압식 고속사출성형기의 성형 안정성을 실험하기 위해 무게 및 두께 측정을 실시하였고 문제점을 발견 및 보완하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

(1) 1차 무게측정을 통해 사출부 스크류가 유압에 의해 뒤로 밀리고 유압부의 피스톤이 유압부와 충돌하면서 사출량이 일정하지 않아 무게 편차가 크게 발생하였으며, 이를 보완하여 1차 실험의 성형품 무게의 표준편차는 0.09g(평균무게=2.50g)이었으나 2차 실험의 성형품 무게의 표준편차가 0.01g(평균무게=2.61g)으로 개선되었다.

(2) 1차 두께측정을 통해 사출성형시 게이트부근에 있는 수지의 유동이 스프루쪽으로 이동하는 역류현상에 의해 게이트 부분은 얇고 중앙 부분은 두껍게 성형되었음을 발견하였고, 유압부 피스톤이 관성력에 의해 정확한 제어가 되지 않아 두께편차가 커졌다고 판단되어 이를 보완하여 두께편차를 줄이고 도광판 금형 내의 두께수정으로 제품생산이 가능할 정도로 개선되었다.

이번 연구를 통해 기존에 유압식 고속사출성형기 스크류의 체크링과 사출부 구조의 문제점들을

보완하였으며 이를 통해 유압식 고속 사출성형기의 성형안정성을 확보하였다.

개발중인 유압식 고속사출성형기를 이용하여 금형 제작, 금형의 온도분포 및 사출성형 공정조건에 따른 박판의 변형에 대해 연구할 예정이다.

후기

본 연구는 “Direct Writing 기법을 이용한 미소부품 제조기술개발(No. 08-EB-1-001)” 및 “초박형 광학부품용 고속사출성형기 부품기술 모니터링 시스템기술지원” 과제의 지원으로 진행되었으며, 이에 감사드립니다.

참고 문헌

- [1] M. C. Song, Z. Liu, M. J. Wang, T. M. Yu, D. Y. Zhao, 2007, Research on effects of injection process parameters on the molding process for ultra-thin wall plastic parts, Journal of Materials Processing Technology, Vol. 187-188, pp. 668~671.
- [2] S. C. Chen, W. L. Liaw P. L. Su, M. H. Chung, 2003, Investigation of Mold Plate Separation in Thin-Wall Injection Molding, Advances in Polymer Technology, Vol. 22, pp. 306~319.
- [3] Y. K. Shen, P. H. Yeh, J. S. Wu, 2001, Numerical simulation for thin wall injection molding of fiber-reinforced thermoplastics, Int. Communications in Heat and Mass Transfer, Vol. 28, pp. 1035~1042.
- [4] J. H. Yun, K. Park, O. K. Kwon, 2007, Improvement of moldability for Ultra Thin-Wall Molding with Micro-Patterns, Trans. of the Korean Society of Mech. Eng. (A), Vol. 31, pp. 556~561.
- [5] Y. S. Do, C. J. Hwang, K. H. Yoon, 2008, A Study on the Improvement of Optical Efficiency for The 2 inch LGP Considering Injection Molding Characteristics, Trans. of Materials Processing, Vol. 17, pp. 322~327.