

초박형(0.3 t) 도광판 적용을 위한 유압식 고속사출성형의 성형 안정성 연구

김종선¹, 오정길^{1,2}, 정철^{1,2}, 안희정³, 황철진¹, 김종덕¹, 윤경환^{2#}

A study on the Molding Stability of Hydro-mechanical High Speed Injection Molding for Thin-Walled(0.3mm) LGP

J. S. Kim , J. G. Oh, C. Jeong, H. J. An, C. J. Hwang, J. D. Kim, K. H. Yoon

Abstract

Recently, electronic products and related parts are required to have thin thickness because of small form factor. To go with the 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 0.3 mm and the battery case of cell phone has 0.25 mm. Accordingly, high speed injection molding is required to make products which have thin thickness. High speed injection molding means that the resin is injected into the cavity at higher than normal speed avoiding short shot. In the case of hydro-mechanical high speed injection machine, it requires the design for hydraulic unit to make high injection speed and the design for control unit to control hydraulic unit. In the present paper, we concentrated on the molding stability of hydro-mechanical high speed injection machine to make an LGP of 0.3 mm thickness.

Key Words : high speed injection molding, thin-walled, molding stability

1. 서 론

현재 전자제품 및 관련부품의 경박단소화로 인해 제품의 외관이나 부품을 이루는 플라스틱 사출 성형품의 두께 또한 계속해서 얇아지고 있다. 이러한 추세를 따라가기 위해 휴대폰용 LCD BLU(back light unit)의 부속품 중 선광원인 CCFL 이나 점광원인 LED의 광을 면광원으로 바꿔주는 역할[1]을 하는 도광판의 경우는 0.3 mm의 두께로 얇아지고 있으며, 휴대폰용 배터리 케이스의 경우도 0.25 mm의 두께까지 얇아지고 있다. 이와 같은 초박형의 제품을 사출성형에 의해 만들기 위해 도입된 것이 고속 사출성형이다. 고속 사출성형은 성형 과정 중 고온의 수지가 냉각과정에 의해 수지의 유동두께가

줄어들기 전에 고속으로 금형에 수지를 사출하여 충전을 완료하는 성형공정으로 현재 초박형 제품의 사출성형을 위해 활발히 도입되고 있다.

(주)선우중공업에서는 고속 사출성형기의 국산화를 위해 유압식 고속 사출성형기를 개발하였다. 고속사출성형을 수행하기 위해 유압식 사출성형기는 고속의 스크류 속도를 만들기 위한 유압부와 이것을 제어하기 위한 제어부의 설계가 동시에 고려되어야 할 뿐만 아니라 제작된 고속 사출성형기의 성형 안전성 평가는 고속 사출성형기의 개발과 동시에 이루어져야 하는 중요한 요소이다.

따라서 본 논문은 개발된 유압식 고속 사출성형기를 이용하여 현재 개발하고 있는 두께 0.3 mm인 도광판 금형에 고속 사출성형 실험을

1. 한국생산기술 연구원 정밀금형팀

2. 단국대학교 기계공학과

3. (주)선우중공업 부설연구소

#교신저자: 단국대학교 기계공학과, E-mail: khyoon@dku.edu

하여, 유압식 고속 사출성형기의 성형 안정성을 평가하고, 이러한 성형 안정성 평가를 통해 고속 사출성형기의 개선 방향의 확보를 목적으로 한다.

2. 실험 방법

2.1 사출성형공정 CAE 해석

현재 0.3t 도광판의 성형공정을 보다 자세히 파악하기 위해 Moldflow™를 이용하여 CAE 해석 모델을 만들어 성형해석을 수행하였다(Fig.1). 20,812개의 Fusion mesh 모델로서, 수지는 Mitsubishi사의 Lupilon H-4000 PC를 사용하였다. 그 결과 최적 사출속도 프로파일을 얻었으며, 이러한 최적사출속도 프로파일을 이용해, 충전 시간(filling time)에 따른 최대사출압력 결과를 검토하여, 최적 사출성형 충전시간인 0.4초를 예측하여 실제 성형실험에 적용하였다.

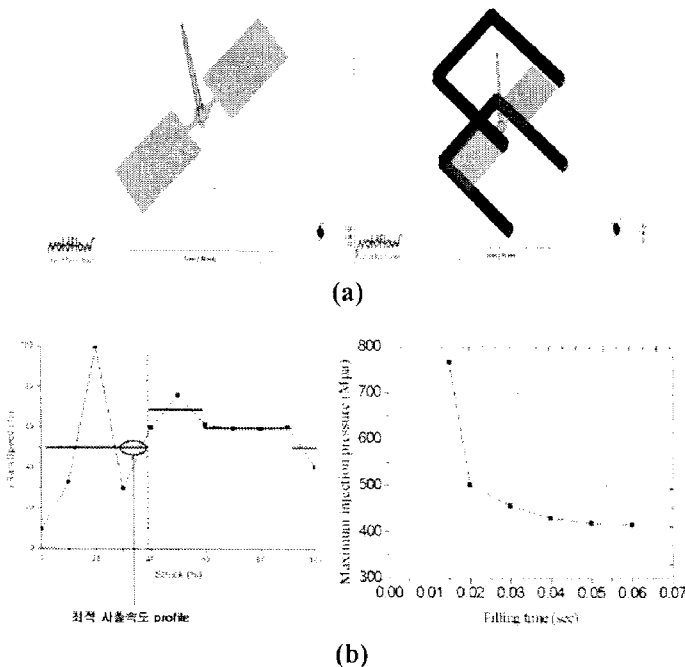


Fig.1 (a) Finite element model of the 0.3t LGP
(b) CAE analysis results of the 0.3t LGP

2.2 유압식 고속사출성형기

본 연구에 사용된 유압식 고속 사출성형기는 Fig. 2 에 보이는 (주)선우중공업의 PNS-140 모델로

써 질소 accumulator 를 이용하여 고속 사출성형을 실현하며, 사출성형기의 제어는 PID 제어에 의한 closed loop 제어로 수행한다. 스쿠류 직경은 25 mm, 최대 사출압은 3,573 kg 중/cm², 최대 형체력은 140 ton, 최대 사출속도는 2,000 mm/s, 최대 사출량은 80.5 cm³/s 이다.

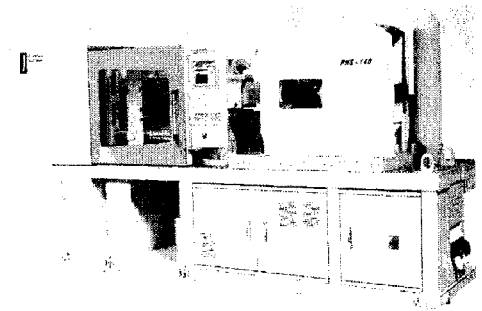


Fig. 2 High speed injection machine (PNS-140)

2.3 성형 안정성 실험위한 조건

본 연구에 사용한 수지는 Mitsubishi 사의 PC Lupilon HL-4000 를 사용하였고 사출 시 수지온도는 340°C 이며, 금형 온도는 120°C, 설정한 사출속도는 900mm/s 으로 실험하였다..

성형 안정성을 평가하기 위해 각 조건마다 사출성형이 안정화 된 이후, 10 회의 사출성형을 더 실시하고 최종 20 회의 사출성형을 통한 성형품을 측정하였다. 성형안정성을 평가하기 위해 Fig.3 에 도시한 위치에서 성형품의 두께와 무게변화를 측정하였다.

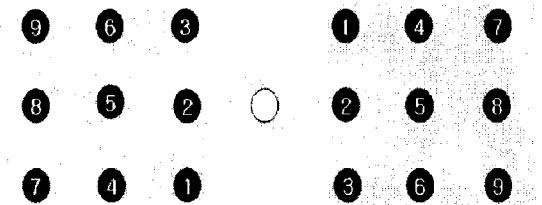


Fig. 3 Measuring position of injection molded LGP

3. 결과

3.1 개선 전 성형품의 무게/두께 측정

최종 20 개의 사출품의 무게 측정 결과를 Fig. 4 에 나타내었으며, Fig. 5 엔 측정단위가 0.01mm 인 디지털 마이크로미터를 이용하여 두께를 측정한 결과이다. 무게 측정 결과 평균무게에서 분산이

3% 정도로 측정되었다. 이는 사출 시 유압식 고속 사출성형기의 스크류가 유압에 의해 뒤로 밀리고, 고속 사출시 관성력에 의해 유압부 벽에 충돌하거나 원하는 위치로 제어가 되지 않아 충전 완료 후 스크류의 위치가 달라졌고, 따라서 계량량이 달라져 사출량이 매 shot 마다 균일하지 않은 문제점이 발생하였다.

두께측정결과 Fig. 5 의 그래프를 보면 중심 부위의 두께가 크고 게이트 부근과 먼쪽의 두께가 작은 오목한 형상으로 나왔다. 이는 게이트 부근에 있던 수지의 유동이 back flow 현상에 의해 스프루 쪽으로 이동함에 따라 발생하였다고 규명이 되었으며 두께 편차가 심한 이유는 앞에서 설명한 바와 같이 유압부 피스톤이 관성력에 의해 정확한 제어가 되지 않아서 발생하였다.

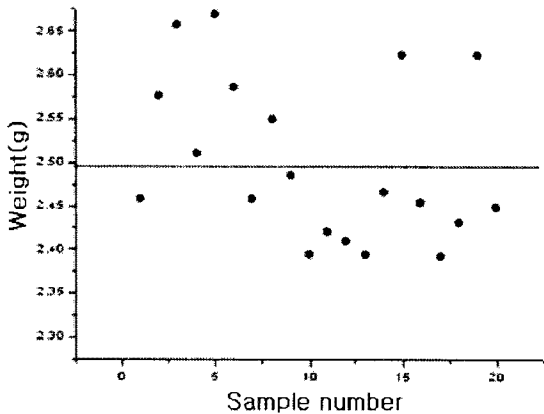


Fig. 4 Results for the weight of LGP

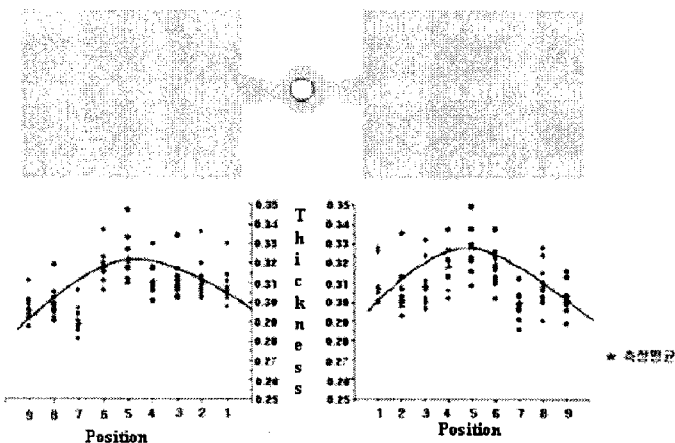
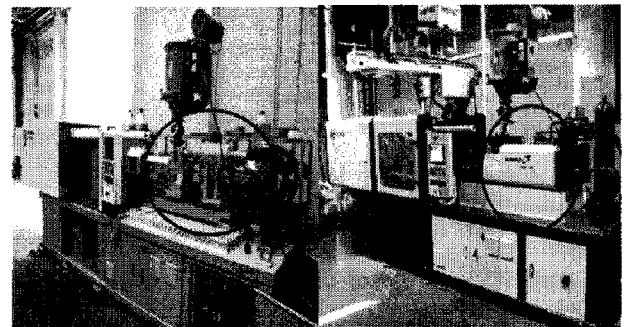


Fig. 5 Results for the thickness of LGP measured position is in Fig.3

3.2 유압식 고속 사출성형기 개선사항

스크류가 뒤로 밀리는 현상을 방지 및 back flow 를 방지하기 위해 체크링의 크기를 최적화 하고 체크링의 작동범위를 줄였다. 그리고 사출 시 유압부 피스톤이 관성력에 의해 유압부 벽에 충돌하는 현상을 방지하기 위해 유압부분에 충돌 방지용 장치를 장착하였다.

또한, 다음의 Fig. 6 와 같이 피스톤의 관성력을 줄이기 위해 사출부의 구조를 가볍게 만들었다.



(a) (b)

Fig. 6 (a) The high speed injection machine before improvement for injection unit
(b) The high speed injection machine after improvement for injection unit

3.3 개선 후 성형품의 무게/두께측정

측정방법은 개선 전 성형품의 측정방법과 동일하며 Fig. 7 과 Fig. 8은 개선 후 성형품의 무게 측정 및 두께 측정 결과이다.

무게 측정 결과 평균무게에서 분산이 1.5%정도 범위로 개선되었다. 두께 측정 결과 게이트에서 먼 부분까지 선형으로 두께가 감소함을 볼 수 있다. 이는 박판 성형시 사출압 자체가 매우 높아 캐비티가 채워져도 사출압이 그대로 유지되기 때문에 게이트에서 가까운 부분이 가장 두껍게 성형이 되고 게이트에서 먼 부분이 가장 얇게 성형되기 때문이다. 이런 두께 측정 결과의 경향을 반영하여 금형 캐비티의 두께를 수정하면 두께가 일정한 도광판 생산이 가능하고, 사출부 구조개선을 통해 관성력이 줄어들어 두께편차 또한 많이 개선되었음을 알 수 있다.

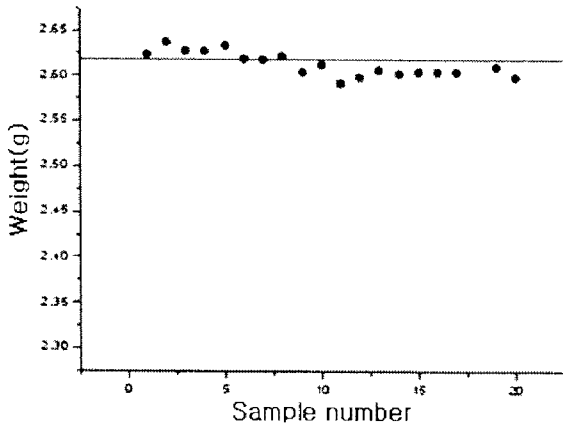


Fig.7 Results for the weight of LGP after improvement for injection unit

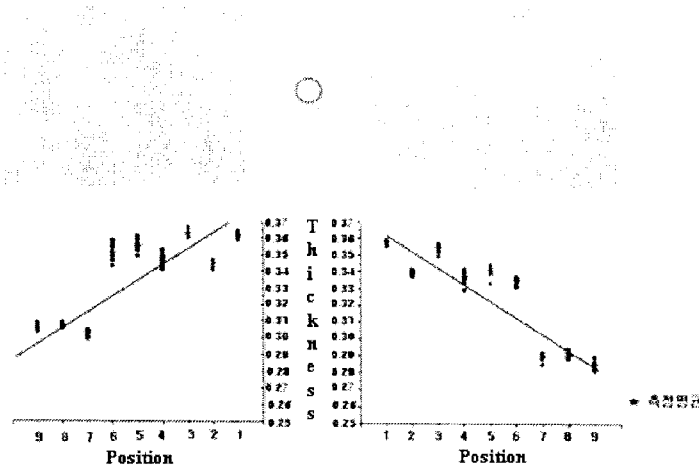


Fig.8 Result for the thickness of LGP measured position is in Fig.3 after improvement for injection unit

4. 결론

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

(1) 개선 전 무게측정을 통해 사출부 스크류가 유압에 의해 뒤로 밀리고 유압부의 피스톤이 유압부와 충돌하면서 사출량이 일정하지 않아 무게 편차가 크게 생겼으며, 이를 보완하여 평균무게에서 분산이 3% 범위의 도광판이 분산 1.5% 범위로 개선하였다.

(2) 개선 전 두께측정을 통해 사출성형시 back flow 에 의해 게이트 부분은 얇고 중앙 부분은 두껍게 성형되었음을 발견하였고 유압부 피스톤이 관성력에 의해 정확한 제어가 되지 않아 두께편차가 커졌다고 판단 이를 보완하여 두께편차를 줄이고 도광판 금형 cavity 의 두께수정으로 제품생산이 가능할 정도로 개선되었다.

이번 연구를 통해 개발된 유압식 고속 사출성형기의 문제점들을 보완하여 유압식 고속 사출성형의 성형안정성을 확보하였다.

후 기

본 연구는 “초박형 광학부품용 고속사출성형기 부품기술 모니터링 시스템기술지원” 및 “Direct Writing 기법을 이용한 미소부품 제조기술개발” 과제지원으로 진행되었으며 이에 감사드립니다.

참 고 문 헌

- [1] 김종선, 유재원, 황철진, 고영배, 허영무, 윤경환, 2005, LIGA 마이크로렌즈패턴을 이용한 휴대폰용 도광판 제작, 2005년 한국정밀공학회 추계학술대회 논문집, pp. 31~34.
- [2] 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.