

동일 유동거리 런너를 가진 LSR 성형품의 변형에 관한 연구

박정연^{*1} · 윤길상¹ · 이정원¹ · 최종명²
한국생산기술연구원 금형기술연구그룹¹ · (주)프로텍²

A study on deformation of LSR injection moldings having the runners with same flow distance

Jeong-Yeon Park^{*1} · Gil-Sang Yoon¹, Jeong-Won Lee¹, Jong Myeong Choi²

¹Molds & Dies Technology R&D Group, KITECH, ²PROTEC Co. LTD

Abstract : Recently, Silicone that one of the thermo-sets is used to making optical products such as LED lenses because of excellent thermal properties. LED lenses are required to keep the precise dimensions, so they must be molded to have the minimum deformation. Thermo-sets have the expansion characteristic on the part of thermal property, it is important to optimize the cure condition so that the deformation of the part become minimum. In this study, to investigate the relationship between the shrinkage by the curing and expansion by the thermal properties of the resin, reactive injection experiment was performed by setting the variables such as mold setting temperature, cure time. As a result, it was confirmed that there was a interval while the thermal properties were transferred to more active during the cure process. It is expected to help in determining the reactive injection molding conditions of the thermo-set parts as well as LED lens in order to reduce the amount of deformation.

Key Words : LED(Lighting Emitting Diode), LSR(Liquid Silicone Rubber), RIM(Reactive Injection Molding), cure time, mold temperature, deformation

1. 서 론

발광다이오드(LED, Lighting Emitting Diode)는 고효율, 고속응답, 장수명, 소형화, 경량, 저소비 전력에 의한 에너지 절감 등의 장점으로 인해 표시, 신호, 디스플레이, 조명, 바이오, 통신, 자동차 산업 등 다양한 분야에서 응용되고 있다¹⁾.

한편 LED 생산 공정은 에피성장(epitaxy growth), 칩 공정(fabrication), 패키징(packaging), 모듈(module)로 나누어지며, 이 중 패키징 단계는 기판위에 다이(die)본딩 공정 및 칩에 형성된 전극에 와이어 본딩(wire bonding), 이후 균일한 색상 구현을 위한 형광체(phosphor) 및 봉지재(encapsulant) 도포, 렌즈 성형

(lens molding) 등의 공정이 필요하다²⁾. 이 중 렌즈는 기본적으로 LED 칩을 보호하고 사용자가 원하는 곳에 빛을 투과시키는 역할을 수행한다. 따라서 렌즈성형공정은 LED 패키징 공정의 핵심 기술 중 하나이다.

열경화성 수지를 적용한 반응사출성형(RIM, Reactive Injection Molding)품은 경화에 의한 수축(shrinkage)과 수지의 열적 특성에 의한 팽창(expansion)에 의해 변형량(deformation)이 달라질 수 있다. 완전경화 후 열경화성 수지 성형품의 전체 치수는 경화 전보다 감소하지만, 마이크로 스케일에서 관찰해 보면 일정 경화시점 후 경화에 의한 수축보다 수지의 열적 특성에 의한 팽창이 우세해진다는 연구결과가 있다³⁾. 열경화성 수지의 경화과정에서 발생하는 치수변화는 고분자 재료를 사용하는 모든

^{*} To whom correspondence should be addressed.
parkjy@kitech.re.kr
접수 : 2012. 12. 26. 채택 : 2013. 02. 22.

제조 공정에서 중요 특성으로 고려될 수 있는데, 특히 LED 렌즈의 경우 렌즈 치수 변화에 따라 렌즈 저점에서 최고점까지의 거리(vertex power)가 달라지며 이로 인해 광 투과 정도도 달라진다. 따라서 열경화성 수지의 사출성형에서 취출이 가능하면서 변형량이 최소가 되게 하는 경화공정변수를 최적화하는 것이 필요하다.

본 연구는 반응사출성형과정 중에서도 경화에 의한 수축보다 수지 열적 특성에 의한 팽창에 의해 사출품의 변형량이 감소될 수 있는지를 판단하기 위해 동일 유동거리를 가진 4 cavity 금형에 대하여 금형설정온도 및 경화시간 변화에 따라 실리콘 성형품을 사출한 뒤 성형품의 길이를 측정했다.

2. 사출성형실험

2.1. 사출성형장비

본 실험에 사용된 장비는 Fig. 1의 형체력(clamping force) 569 KN, 최대 사출압력은 유압력 기준 12 MPa, 최대 사출속도 60 cm³/sec, 증압비(intension Rate) 11.25인 수직형 반응사출성형기(Sanjo Seiki VS-60-52-L)를 사용하였다. 수직형 사출기는 수평형 사출기에 비해 중력 및 열의 영향을 적게 받음에 따라 형체력으로 인한 하중 및 온도 분포가 상대적으로 균일하기 때문에 LED 렌즈 같은 정밀한 제품을 생산할 때 유리하다⁴⁾.



Fig. 1. Reactive Injection Machine

2.2. 성형수지특성

본 실험에 사용된 열경화성 수지는 Momentive사의 액상실리콘고무(LSR, Liquid Silicone Rubber,

grade: Silopren 7080)이다. 실리콘은 에폭시보다 내열성에 우수하여 200℃ 이상에서도 장시간 사용가능하며 황변 및 투과율 저하가 거의 없다. 또한 열가소성 수지와 비교하여 내UV성, 내화학성이 우수하기 때문에 최근 LED 렌즈 성형용으로 많이 이용되고 있다⁵⁾. 본 실험에 사용된 LSR의 경우, Si-O 주사슬에 메틸-비닐(methyl-vinyl) 작용기를 가지며, 백금 촉매가 포함된 성분 A와 가교제(cross-linker) 및 반응억제제(inhibitor)가 포함된 성분 B가 동일(1:1) 질량 비율로 혼합되어 경화가 진행되는 투명소재이다. 자세한 물성은 Table 1과 같다⁶⁾.

Table 1. Properties of LSR(grade: Silopren 7080)

Un-cured Properties	Unit	Value
Viscosity(23 ℃)	Pa·s	100
Refractive Index(n _D ²⁵)	-	1.41
Cured Properties	Unit	Value
Density	g/cm ³	1.05
Hardness(Shore A)	-	80
Tensile Strength	MPa	10.0
Elongation	%	100
Shrinkage(at 110 ℃)	%	2.1

2.3. 실험대상코어

실험조건 별 변형량을 분석하기 위한 캐비티 형상은 Fig. 2와 같이 60.0 mm × 12.0 mm × 0.2 mm 의 사각 박판형상 4개로 구성되어 있다. 사각 박판형상으로 설정한 이유는 길이에 비해 두께가 얇기 때문에 경화 후 성형품의 두께방향 변형량이 미비할 것으로 예상되기 때문이다.

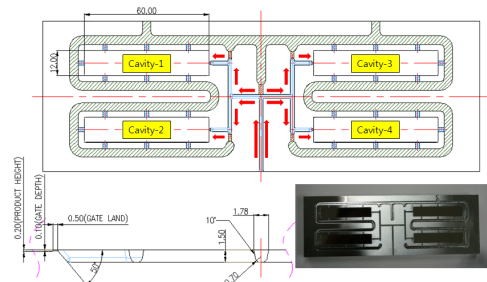


Fig. 2. Structure of delivery system and cavity

2.4. 실험조건 및 실험방법

사출실험성형조건

첫 번째 사출실험 성형조건은 동일 경화시간(80 sec)에서 경화온도에 따라 변형량이 감소되는 부분이 존재하는지 관찰하기 위하여 금형설정온도를 110 °C, 120 °C, 130 °C, 140 °C, 150°C, 160 °C로 변화를 주어 사출성형을 실시하였다. 두 번째 사출실험성형조건은 동일 금형설정온도(150 °C) 상에서 경화시간에 따라 변형량이 감소되는 부분이 존재하는지 관찰하기 위해 경화시간을 30초부터 140초까지 10초 간격으로 변화를 주어 사출성형을 실시하였다. 금형설정온도 및 경화시간을 제외한 나머지 성형공정조건은 Table 2와 같이 동일하게 설정하였다. 성형품 내에 기공이 발생하는 것을 방지하기 위해 금형 내에 진공분위기를 조성하였다.

Table 2. Process Conditions for RIM

Un-cured properties	Unit	Value
Melt Temp.	°C	R.T.
Injection Pressure	MPa	10
Vacuum Pressure	MPa	0.1
Resin Metering	mm	7.3
Injection Time	sec	0.5
Packing Time & Pressure	sec-MPa	1st: 1.0-0.5 2nd: 3.5-0.3

변형량 측정

위의 두 가지 사출성형조건에 따라 각 3회에 걸쳐 제작된 캐비티에 따른 박판 사각형상 성형품에 대하여 버니어 캘리퍼스를 이용해 게이트와 인접한 성형품 말단부터 반대쪽 말단까지의 길이를 측정한다. 다음 평균값을 계산하였다.

3. 사출성형조건에 따른 변형량 비교

금형설정온도 변화에 따른 성형품의 길이를 측정 한 결과는 Fig.3와 같이 금형설정온도가 증가할수록 성형품의 길이가 감소하고, 따라서 변형량이 증가했다. 이는 금형온도가 증가할수록 충전 이후 고분자간 가교(Crosslink)되는 정도가 증가하기 때문에 변형량이 증가되는 것으로 판단된다.

한편, 경화시간 변화에 따른 성형품의 길이를 측정 한 결과는 Fig.4와 같이 경화시간이 증가할수록 성형품의 길이가 감소되다가 90초에서 변형량이 1.80 mm로 최고가 되었다가 그 이후 변형량이 감소됨을 확인하였다. 또한 경화시간 40초 일 때 변형량

이 1.42 mm로 최소가 되는데, 이는 다른 구간에 비하여 경화에 의한 수축보다 수지 열적특성에 의한 팽창이 상대적으로 크게 작용했기 때문인 것으로 생각된다.

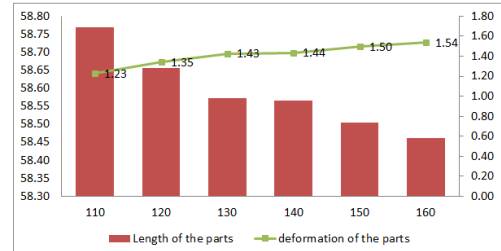


Fig. 3. The length of the part according to the mold setting temperature variation

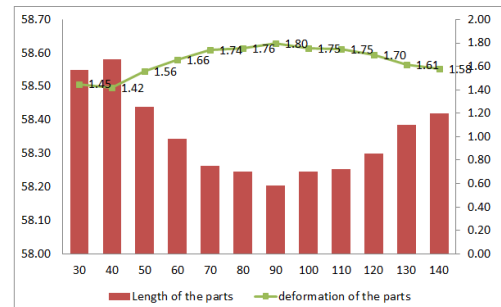


Fig. 4. The length of the part according to the cure time

4. 결론 및 토의

본 연구에서 금형설정온도 및 경화시간 변화에 따른 반응사출성형품의 길이 측정 및 변형량을 분석한 결과 다음과 같은 결과를 얻었으며, 마이크로 스케일이 아닌 사출성형공정 상에서도 수지 열적 특성에 의한 팽창을 이용해 변형량을 감소시킬 수 있음을 확인하였다.

- 1) 동일 경화시간 상에서 금형설정온도가 증가할수록 성형품의 길이가 지속적으로 감소되었다.
- 2) 동일 금형설정온도 상에서 경화시간이 증가할수록 성형품의 길이가 감소하다가 다시 증가됨을 확인하였다.
- 3) 수지 열적 특성에 의한 팽창에 의해 변형량이 감소되는 현상은 금형설정온도를 변화시켰을 때 보

다 경화시간을 변화시켰을 때 명확히 관찰됨을 확인하였다. 단, 경화시간을 기존 80초 보다 단축시킨 추가실험은 수행할 필요가 있다고 생각된다.

본 연구에서는 반응사출성형품의 길이방향 변형량만 측정된 결과, 길이방향으로 성형품의 길이가 감소했지만 수축한 만큼 두께가 증가했을 가능성이 있으므로 추후 실험에서는 두께 방향 변형량에 대한 연구가 보완이 필요할 것으로 사료된다. 또한 경화온도 및 경화시간 증가에 따른 변형량 뿐만 아니라 성형품이 가교되는 정도, 기계적 물성 변화에 관한 연구도 함께 이루어져야 할 것으로 판단된다.

참고문헌

- 1) 미래기술교육연구원, 고휘도, 고효율 및 방열을 위한 LED 기술개발 현황 세미나 자료집, 2009, pp. 34-39
- 2) LG이노텍, 하나대투증권, 2009
- 3) 서안나, 이종현, “열기계적 분석법으로 측정된 레진 포물레이션의 경화 수축 특성”, 대한금속재료학회지, 제50권, 제9호, 629-636, 2012.
- 4) 한국플라스틱정보센터, 알기쉬운 사출성형기, 2002, pp.161-164
- 5) Y. Maekawa, M. Onishi, A. Ando, S. Matsushima, F. Lai, ““Preduction of birefringence in plastics optical elements using 3D CAE for injection molding“, Proc. SPOIE, Vol. 3944, pp. 935-943.
- 6) www.momentive.com