

POM 수지의 수축율을 고려한 사출금형설계 및 성형조건 선정

이기용*, 김형모 · 박순섭 · 박형윤¹(한국생산기술연구원)

The decision of forming condition and design of injection mold by considering contraction rate of POM resin

K. Y. Lee, H. M. Kim, S. S. Park, H. Y. Park (KITECH)

Abstract

The contraction rate is a very important element that dominate quality of product in plastic injection molding. To get wanted products, the contraction rate of used resin must be considered necessarily when designing plastic injection molds, and suitable deform conditions must be chosen with this. In this paper, important parts used in LED department were produced by injection mold using POM resin, and dimension error that happened by contraction rate of resin was corrected and reflected in die design and suitable deform conditions were decided.

Key Words : Contraction rate (수축율), POM resin (POM 수지), Injection mold (사출금형), Forming condition (성형조건), Mold desing (금형설계)

1. 서론

플라스틱 사출 성형에 있어 수축율은 제품의 품질을 좌우하는 매우 중요한 요소이다. 원하는 제품을 얻기 위해서는 사출금형설계시 사용되는 수지의 수축율을 반드시 고려하여야 하며, 이와 함께 적절한 성형조건을 선정해야 한다.

성형수축은 사출성형 공정에서 열, 압력의 변화로 인해 발생하는 것으로써, 재료의 특성에 따라 달라진다. 성형수축에 대한 재료고유의 특성으로는 비결정성 재료에 비해 결정성 재료의 성형수축율이 크며, POM 수지의 경우 대표적인 결정성 재료라 할 수 있으므로 수축율이 더욱 중요하게 된다.

성형수축율을 변동시키는 요인으로는 캐비티 내 수지압력, 수지온도, 스크류 전진시간, 금형온도, 냉각시간, 성형품의 살두께, 게이트 단면적,

강화제 함유율과 배향성 등이 있다. 이 중 수지압력, 수지온도, 스크류 전진시간, 금형온도, 냉각시간은 사출성형조건에 의해 좌우될 수 있는 요소이며, 성형품의 살두께, 게이트 단면적은 금형설계시 고려해야할 사항이다.

성형수축율에 대한 연구는 주로 해석분야에 치중되어 수행되어 왔다.[1~4] 이러한 연구들은 성형수축율보다는 충전불균형을 고려한 해석을 수행함으로써 미성형부분이 발생하지 않도록 하는 것에 목적을 두고 있다. 이러한 부분도 매우 중요하지만, 산업현장에서는 수축율에 의한 제품 정밀도 저하가 매우 심각한 문제라 할 수 있다.

본 논문에서는 LED 조광부에 사용되는 핵심부품을 POM 수지를 사용하여 사출금형으로 생산하였으며, 이 때 수지의 수축율로 인해 발생하는 에러를 보정하여 금형설계에 반영하고, 적절한 성형조건을 선정하였다.

1. 한국생산기술연구원

* 교신저자: 이기용, E-mail:kylee@kitech.re.kr

2. 사출금형설계

본 연구에서 대상이 되는 성형품은 LED 레진경화기의 조광부에 조립되는 부품으로 투과성 및 투명성을 고려하여 결정성 재료인 POM 수지를 사용할 필요가 있다. 본 성형품의 상코어 및 하코어 3D 모델을 Fig. 1 에 나타내었다.

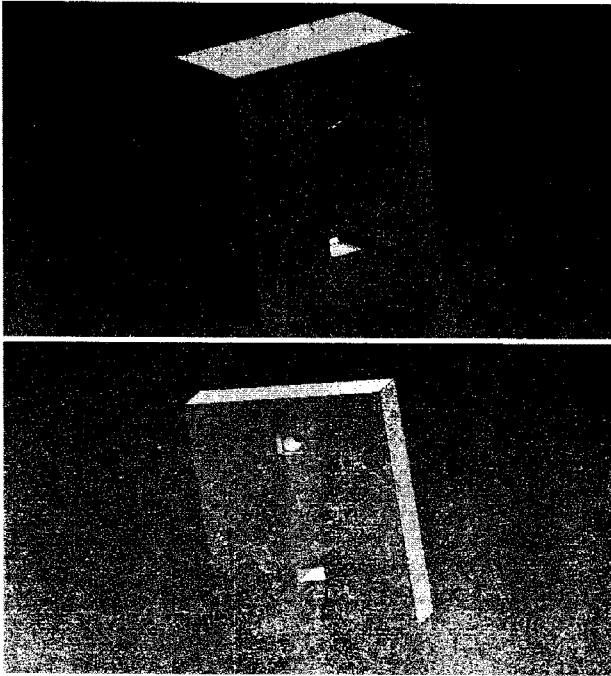


Fig. 1 Upper and down core of LED department part

본 성형품은 크기가 매우 작으므로(15×20mm) 게이트 단면적에 의한 충전불균형은 발생하지 않을 것으로 생각되지만, 다소 문제가 발생할 것으로 판단되는 부분은 조광부의 살두께(3.5mm)이다. 제품기능상 살두께를 변경하는 것은 어려우므로 금형설계를 보완하는 것은 불가능하다. 살두께 부분의 문제점은 Fig. 2 와 같다.

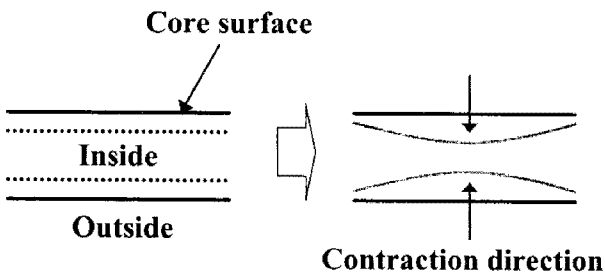


Fig. 2 The change of thickness by contraction rate

Fig. 2 에서 보는 바와 같이 수지가 충전되면서 냉각되는데 이는 금형표면온도가 높으므로 내부에서 먼저 냉각현상이 발생한다. 따라서 성형품이 수지 수축율에 의해 내부 방향으로 오목하게 변형되는 현상이 발생하는데 이는 특히 살두께가 두꺼울수록 두드러진다. 본 성형품은 제품 특성상 조광부의 두꺼운 살두께를 변경할 수가 없으며, 수축율이 상대적으로 큰 결정성 재료인 POM 수지를 사용하므로 상기 언급한 현상이 더욱 심화될 것으로 예상된다.

실질적으로 코어를 제작하고 몰드 베이스에 삽입하여 금형을 완성하였을 경우, 시사출품은 상기 언급된 성형품 치수 불량을 초래하였다. Fig. 3 에 완성된 금형을 나타내었다.

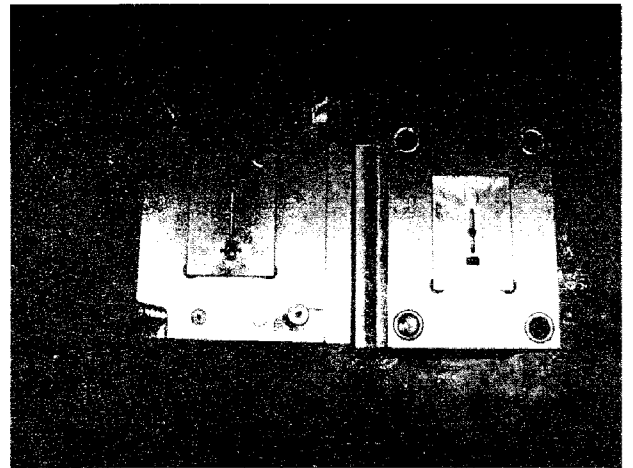


Fig. 3 Injection mold for LED department part

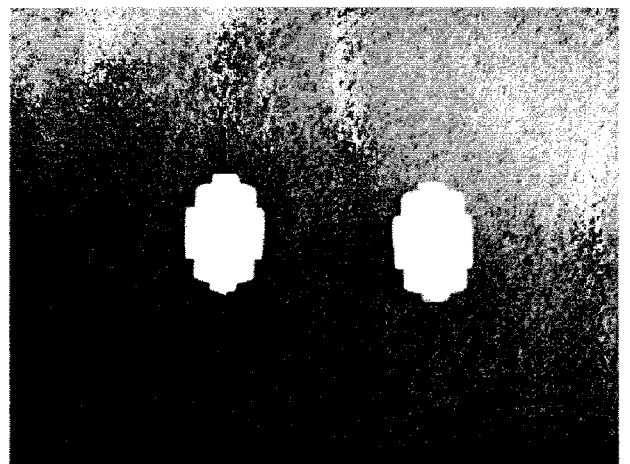


Fig. 4 LED department part

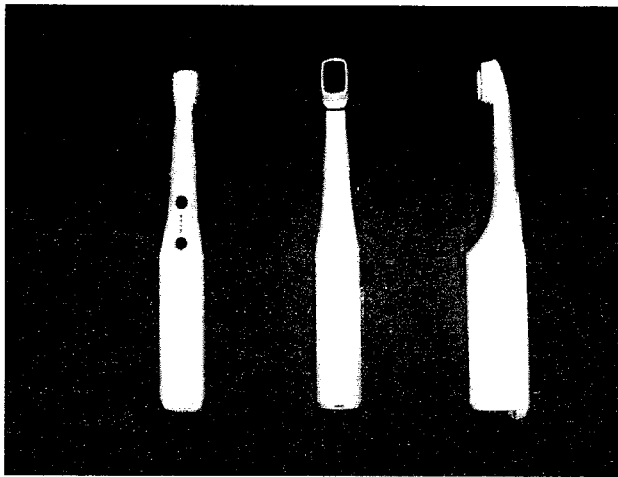


Fig. 5 The part assembled with LED department part

Fig. 4 는 제작된 사출금형에 의해 생산된 LED 조광부에 조립되는 성형품이다. 본 성형품에서 가운데 부위의 네모 블록 안에 원 형상 부위가 수축에 의한 치수 불량 발생하는 부분이다. Fig. 5 는 생산된 성형품이 최종적으로 제품에 조립되는 부분을 나타낸 것이다.

결론적으로 금형설계부분에서는 살두께의 치수 불량을 해결할 수 있는 방안이 강구되기 어려우므로 사출성형조건을 적절히 선정하여 상기 언급된 불량을 해소하였다.

3. 사출성형조건 선정

일반적으로 사출성형조건으로는 수지압력, 수지 온도, 스크류 전진시간, 금형온도, 냉각시간 등이 있다. 이와 함께 중요한 인자로서, 수지건조온도 및 시간, 보압 등을 들 수가 있다.

우선 시사출을 위해 일반적인 POM 수지의 사출성형조건으로 성형품을 생산하였다. 이 때의 사출조건은 Table 1 과 같다.

Table 1 Forming conditions for injection molding

Item	Value
Pressure of resin	1,200 kg/cm ²
Temperature of resin	230 °C
Temperature of mold	90 °C
Cooling time	30 second
Dry temperature of resin	110 °C
Dry time of resin	2 hours

사용된 사출기는 Fig. 6 에 나타낸 스미모토사의 전동식 사출성형기를 사용하였다.

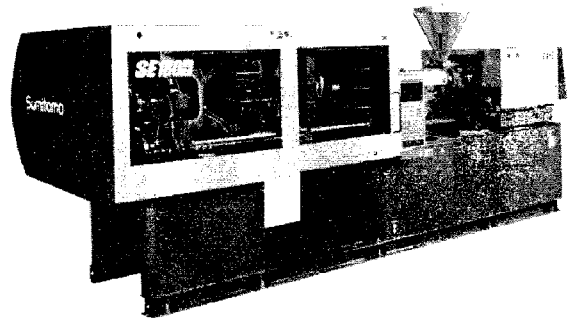


Fig. 6 Electromotive injection molding machine

2 장에서 언급하였듯이 Table 1 과 같은 사출성형 조건으로 성형하였을 경우, 성형품 살두께에 따른 치수 불량이 발생하였다. 오목형상에 최대 치수 불량 오차는 약 0.5mm 로 측정되었다. 이러한 불량요소는 제품에 치명적인 성능저하를 초래하므로 반드시 보완되어야 할 부분이다.

성형품의 살두께가 수축에 의해 요구되는 치수보다 작아지는 현상을 보정하기 위해 사출성형조건을 재선정하였다. 선정 방향은 수지압력을 높이고, 냉각시간을 단축시킴으로써 예상되는 수축현상을 최소화하고 보압(Holding Pressure)을 가하여 2 차 압력에 의한 수축현상 방지를 고려하였다.

일반적으로 보압은 냉각되는 수지의 수축에 의해 성형품 표면에 싱크마크나 내부에 기포가 발생하는 것을 방지하기 위해 고화상태에서 사출압력을 유지시켜주는 것으로 1 차 압력보다 더 큰 압력을 가함으로써, 본 문제점을 해결할 수 있을 것으로 사료된다.

본 성형조건에서는 수지 충전율 95%로 완료하였을 시점에서 1 차 압력보다 다소 큰 2 차 압력을 가하여 나머지 5%의 수지를 충전하는 방식을 선택하였다. 이와 같은 사출성형조건을 Table 2 에 나타내었다.

재선정된 사출성형조건을 사용하여 본 성형품을 사출하였을 경우 기존의 성형조건시 발생하였던 수축에 의한 오차 약 0.5mm 를 약 0.1mm 로 줄일 수 있었으며, 미소하게 발생된 본 오차는 제품의 성능에 크게 영향을 미치지 않는 것으로 판명되었다.

Table 2 New forming conditions

Item	Value
Pressure of resin	1,400 kg _f /cm ²
Temperature of resin	230 °C
Temperature of mold	90 °C
Cooling time	25 second
Dry temperature of resin	110 °C
Dry time of resin	2 hours
Holding Pressure	1,500 kg _f /cm ²

수지 1 차 압력 및 냉각시간을 조절하고 보압을 가함으로써, 살두께가 두꺼운 부위에서 발생하는 수축 오차를 최소화하는데 성공하였으며, 추후 성형조건을 보강하여 수축 오차를 더욱 줄이는 연구가 필요할 것으로 판단된다.

보다 권장되는 사항은 사출금형설계서 사출 해석을 통해 수지의 수축율을 예측하고 이에 따라 금형설계를 보정하는 것이 바람직할 것이다. 보정된 설계데이터를 활용하여 금형 제작 후 상기에 언급된 방법으로 사출성형조건을 선정한다면 본 실험에서 축소된 오차를 더욱 축소하는 것이 가능할 것이다.

4. 결론

LED 조광부에 사용되는 핵심부품을 POM 수지를 사용하여 사출금형으로 생산하였으며, 이 때 수지의 수축율로 인해 발생하는 에러를 보정하기 위해 적절한 성형조건을 선정하였다. 이러한 성형조건을 통하여 성형품의 살두께에 최대 0.5mm 의 치수오차가 발생하는 것을 0.1mm 로 축소할 수 있었으며, 본 실험에서 제시된 성형조건선정 방법과 금형설계보정을 접목한다면 보다 효과적인 수축 오차 제거 방법을 도출할 수 있을 것으로 기대된다.

참고 문헌

- [1] 한성렬, 강철민, 2005, 핫러너 금형에서 다수 캐비티 사이에 발생하는 충전불균형에 관한 연구, 한국정밀공학회지, 제 22 권, 제 9 호, pp. 173~178.
- [2] 최권일, 구본홍, 2002, 사출성형의 3 차원 충전 공정해석, 2002 년도 기계관련 산학연 연합심포지엄 강연 및 논문집, pp. 1374~1379.
- [3] 이상찬, 박창언, 2002, 압축성과 상변화를 고려한 사출성형의 충전과정 해석, 한국정밀공학회지, 제 18 권, 제 12 호, pp. 60~65.
- [4] 이상찬, 양동열, 1995, 사출성형의 충전과 충전 후 과정의 통합해석에 관한 연구, 한국정밀공학회 95 년도 춘계학술대회논문집, pp. 227~232.