

LED 조명용 미세패턴 확산판의 사출성형에 관한 연구

Study on injection molding of micro pattern diffusion plate for LED lighting

*우상원^{1,2}, #전은채¹, 이규민¹, 유영은¹, 제태진¹

*S. W. Woo^{1,2}, #E. c. Jeon(jeonec@kimm.re.kr)¹, K. M. Lee¹, Y. E. Yoo¹, T. J. Je¹

¹한국기계연구원 나노공정연구실, ²서울과학기술대학교 NID융합대학원

Key words : Injection Molding, Micro pattern, LED lighting

1. 서론

LED 조명은 고신뢰성, 장수명, 고효율, 고속응답 등의 장점이 있다[1]. 그러나 LED를 이용한 조명 제품들은 칩, 패키지, 모듈, 시스템의 총 4단계를 거치면서 원가 절감이 쉽지 않은 문제점이 발생한다[2]. 이러한 문제의 해결방안으로 최근에 LED의 패키지, 모듈의 2단계의 공정을 하나로 통합한 hybrid LED package(HLP)가 제시되고 있다[3]. HLP에서는 일체형광학패턴을 사용하여 광효율을 향상시키며, 이때 광학패턴으로는 성형이 어려운 마이크로 사각 피라미드패턴이 사용된다. 이에 본 연구에서는 사출성형기술을 적용하여 HLP에서 광학패턴을 이용한 일체형 광학레이어 성형공정최적화 연구를 수행하였다.

2. 사출성형 실험장비

본 연구에서는 Depth 25 μ m, Pitch 50 μ m의 마이크로 사각 피라미드패턴을 설계 및 가공하였으며, 이를 Fig.1에 나타내었다. 패턴이 성형되는 광학레이어의 크기는 가로40mm, 세로70mm, 높이2mm이다. 실험에는 스미토모(Sumitomo)사의 SE-50D 사출성형기를 사용하였다. Fig.2는 LED chip을 PCB에 직접 실장 한 뒤 금형내부에 삽입 고정 후 광학레이어를 사출 성형하는 공정을 나타낸 개략도이다.

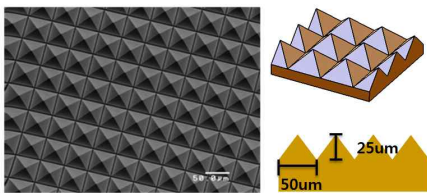


Fig. 1 Machined mold of micro square pyramid pattern

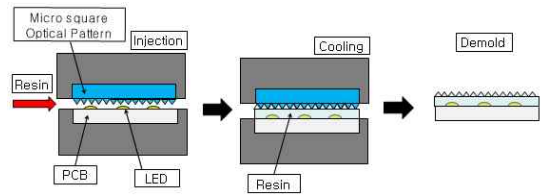


Fig. 2 A schematic diagram of the injection molding process in this study

3. 사출 성형 공정 조건

표면에 미세패턴이 균일하게 분포하는 성형품 성형시 변수로는 기계적변수와 성형변수로 나뉘는데 기계적변수로는 금형의 Gate 위치, 크기, 제품의 두께가 있으며, 성형변수로는 수지의 온도, 금형 온도, 사출속도 및 압력 등의 조건이 있다. 성형 공정조건에 따라 성형품의 미성형 및 변형, 혹은 과도한 잔류응력으로 인한 기계적, 광학적 특성의 저하가 나타나게 된다. 본 연구에서는 내부에 PCB를 삽입하여 성형하는 실험으로 PCB위에 실장되어 있는 LED칩에 높은 열과 압력이 전달될 경우 파손을 방지하기 위해 용융수지온도와 압력은 각각 250 $^{\circ}$ C와 650kgf/cm²로 고정하였다. 반면 사출성형시 마이크로 광학패턴과 LED chip을 보호하는 dome으로 인해 성형시 수지에 유동성이 저하될 것으로 예상되어, 이에 수지유동성 향상을 위해 금형온도는 60 $^{\circ}$ C, 80 $^{\circ}$ C로 상승 시키면서 실험을 진행하였고, 사출속도는 80, 120, 150mm/s로 변화시키면서 실험하였다. 실험에 사용한 수지는 Ashahi사의 PMMA(Poly methyl methacrylate) Grade 80NH를 사용하였다. Table. 1은 사출성형조건을 나타내었다.

Table. 1 Injection molding conditions

Resin	PMMA
Mold Temperature(°C)	60, 80
Injection rate (mm/s)	80,120,150
Melt Temperature(°C)	250
Filling Time(sec)	0.67
Holding pressure(kgf/cm ²)	650&550
Cooling time (sec)	30

3. 실험결과 및 고찰

앞서 설명한 실험조건에 따라 성형한 결과중 Fig.3 (a), (b), (c)는 금형의 온도가 60°C일 경우 사출성형품에 전사된 패턴의 형상이다. 사출속도가 80mm/s, 120mm/s, 150mm/s모두 사출성형방향에 수직방향으로 패턴과 패턴의 경계가 불룩하게 나타났으며, 사각 피라미드패턴 형상이 완벽히 성형되지 않았다. 이는 미세패턴 성형시 용융수지가 금형에 충전 되는 동안 표면으로부터 고화가 빠르게 진행되면서 유동성이 급격하게 저하되는 현상이 발생하여 패턴과 패턴의 경계 부분에 웰드라인이 형성되어 미성형이 발생했을 것으로 생각된다. Fig.3 (d), (e), (f)는 금형온도가 80°C일 경우에 전사된 패턴의 형상이다. 사출속도가 80mm/s, 120mm/s 일 경우는 금형온도가 60°C일 때와 동일하게 패턴이 완벽하게 성형되지 않음을 확인하였다. 그러나 사출속도가 150mm/s 경우 실험에 사용된 사각피라미드패턴의 형상과 동일하게 성형되었음을 확인하였다. 이로 인해 금형의 온도를 높게 설정하고, 사출속도를 빠르게 하면 잔류응력형성과 표면으로부터 응고되는 시간을 지연시켜 성형성이 향상됨을 확인하였다. Fig.4 (a)는 금형온도 80°C에 120mm/s로 성형된 시편의 형상이고, (b)는 금형온도 80°C에 150mm/s로 성형한 시편의 모습이다. 패턴이 금형의 패턴형상과 동일하게 성형 되었을 경우 빛의 굴절로 인해 꽃무늬 같은 형상이 나타났다. 이를 통해 패턴 성형시 완전 충진이 되었을 경우 육안으로도 통상적인 평가가 가능함을 확인하였다.

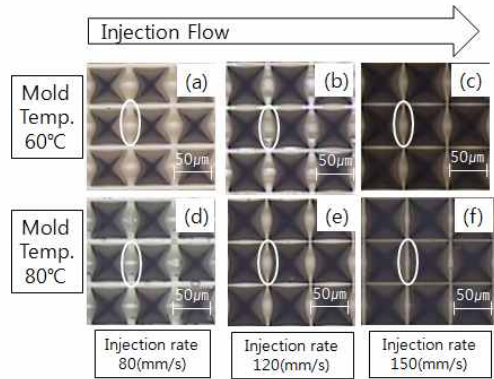


Fig. 3 Injection molding patterns at various temperature and injection rate

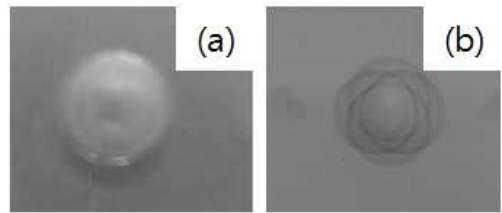


Fig. 4 Product of diffusion plate

4. 결론

본 연구에서는 PCB상에 존재하는 확산판의 일체형 광학레이어 성형 기술에 대한 연구를 수행하였다. 일반적으로 사출방향과 수직방향으로 미성형 및 웰드라인이 발생하였다. 금형의 온도를 상승시키고 사출속도를 빠르게 할 경우 개선됨을 확인하였다. 향후 확산광학레이어의 광효율 측정 및 두께, 투과율, 패턴형태 등을 고려하여 LED조명제품에 활용이 가능할 것으로 보인다.

참고문헌

1. 정희석, 박창규, “직관형 LED램프의 구성부품별 광손실에 관한 연구,” 조명 전기설비학회 논문지, 25(7), 1-8, 2011
2. 박윤기, 이차범, 주재영, 이선규, “LED 평판 조명용 확산판이 필요 없는 도광판 설계,” 대한기계학회 춘계학술대회, pp.177-178, 2011
3. 이재령, 이상원, 전은재, 유영은, 제태진, “Undercut 가공을 이용한 무변형 HLP 일체형 광학레이어 성형기술,” 대한기계학회 춘계학술대회, p.111, 2012