

금형가열방식을 이용한 사출성형금형의 온도분포 측정과 E-MOLD금형을 이용한 도광판 사출품에 대한 성능 평가

김영균*, 김동학*

*순천향대학교 나노화학공학과

e-mail : dhkim@sch.ac.kr

Measurement of temperature distribution of the stamper and estimation of injection-molded light guide panel performance in E-MOLD process

Young-kyun Kim*, Dong-Hak Kim*

*Dept of Chemical Engineering, SoonChunHyang University

요 약

본 논문에서는 열화상촬영기 및 온도분포 해석 프로그램을 이용하여 금형가열온도와 실제 금형온도의 온도편차를 비교하여 금형가열 시 Stamper 표면의 온도분포를 해석하였다. 또한 전열가열방식(E-MOLD)을 이용하여 복합기능 도광판(Prismless LGP)을 제조하였고, 금형온도에 따른 복합기능 도광판(Prismless LGP)의 광특성 평가를 하였다. 그 결과 금형온도가 증가할수록 패턴 전사성 향상으로 인해 휘도 또한 증가하였고, 특히 유리전이온도(140℃) 이상에서 크게 상승하였다.

1. 서론

최근 저비용으로 비교적 정밀한 제품까지도 대량 생산을 할 수 있는 사출성형의 우수한 생산성을 바탕으로 사출성형품의 응용분야가 넓어져 고도의 기능을 필요로 하는 부품에도 적용되어 지고 있다.

또한 정보화기술(IT) 및 디지털산업의 발전으로 디스플레이나 정보 저장매체 등의 수요가 증가하면서 광디스크나 백라이트유닛(BLU)용 도광판(LGP) 등 나노패턴을 갖는 사출성형품에 대한 제작 및 성형의 중요성이 더욱 증대되고 있다.[1]

현재 LCD 부품업체의 시장동향을 보면 광효율 개선 및 부품 수 감소를 위해 다양한 부품의 성능개선 및 복합화를 이루려는 연구가 활발하다. 플라스틱 표면에 나노패턴이 일체화된 BLU용 LGP의 성형공정은 프리즘 시트의 역할을 하는 나노패턴이 형성된 Stamper 방식, 엠보싱, 임프린팅 등의 공정이 대표적이다. 그러나 일체화된 복합기능 도광판(Prismless LGP)을 저비용으로 대량생산하는 가공방법으로는 Stamper 방식이 가장

적합하다.[2] BLU용 LGP를 제작할 때 일반사출로 성형할 경우 용융된 고분자수지가 Stamper 패턴에 충전 시 금형온도와 수지 온도차이에 의해 수지가 패턴 내에 충진이 될 때 고화가 되면서 유동성이 급격하게 저하되어 미성형이나 변형에 의한 제품의 불량률이 증가하고 패턴이 전사되지 못해 광특성에 영향을 미치게 된다. 이러한 사출성형 특성상 수지와 금형의 온도차로 인하여 성형품 표면의 물성 및 전사성 결함은 높은 중형비를 갖는 미세하고 정밀한 형상일 때와 제품의 두께가 얇을수록 경향이 뚜렷하여 일반사출 성형방법으로는 불가능하다.[3-5]

따라서 나노패턴을 갖는 Prismless LGP를 성형하기 위해서는 충전 시 수지의 고화를 지연시켜 유동성을 향상시킴으로써 일반사출 성형 시 발생하는 불량요인을 제거하고, 패턴의 완벽한 전사가 이루어져야 한다. 패턴의 전사성은 최종 제품인 LGP의 광특성에도 영향을 미치기 때문에 LGP 제작 시 전사성 향상을 위한 연구가 진행되어 왔다. 그 방법으로 금형을 가열하여 금형온도를 수지의 용융온도와 유사한 온도까지 증가시켜 열손실을

최소화함으로써 일반사출 성형의 불량요인을 해결하고 전사성을 향상시킬 수 있는 다양한 금형가열방식이 개발되어 사용되고 있다.[6-8]

본 연구에서는 전열장치(마이크로 히터, 센서)를 이용하여 금형의 표면만을 순간가열 및 급속냉각하여 가열시간과 냉각시간을 효율적으로 제어할 수 있어 사이클 타임의 지연을 최소화 할 수 있고, 반도체 및 디스플레이 공정에서 요구하는 청정환경을 유지하며 마이크로/나노 부품 성형이 가능한 E-MOLD를 사용하였다. 열화상촬영기를 이용하여 금형가열에 따른 Stamper의 열분포 해석을 통해 금형가열 온도조건과 실제 금형온도를 비교하였고, 성형조건 중 금형온도를 변화시키면서 제작된 Prismless LGP의 광특성을 평가하였다.

2. 실험

2.1 E-MOLD 금형

본 연구에서 사용된 금형은 원기둥형 나노패턴을 갖는 Prismless LGP 제작을 위해 설계 및 제작되었으며, Fig. 1과 같이 Stamper 장착 및 탈착이 용이한 Stamper 금형구조이다. Fig. 2는 E-MOLD 금형에 장착되는 Stamper로 4인치 크기로 제작되었고, 패턴 형상은 원기둥형 Hologram 나노패턴으로 형상화하였다.



Fig.1 Structure of the E-MOLD.

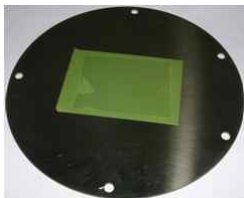


Fig.2 Hologram nano pattern stamper of the Cylinder style

2.2 금형가열에 따른 Stamper 온도분포 해석

금형가열 온도조건과 실제 금형온도를 비교하기 위해 열화상촬영기(FLIR, ThermalCAM 675)를 이용하였다. Fig. 3은 실험에 사용된 열화상촬영기 및 온도분포 해석 프로그램이다. 열화상촬영 측정조건은 Table. 1과 같이

설정하였다.

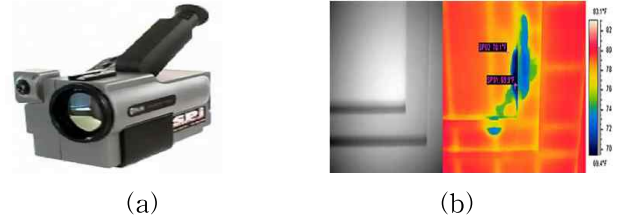


Fig.3 Measurement equipment and analysis program. (a) ThermalCAM675 (b) ThermalCAM Researcher

Table.1 Measurement conditions

방사율	측정거리 (m)	측정장소		측정 정밀도 (℃)
		온도(℃)	습도(%)	
0.17	0.3	25	29	0.1

2.3 Prismless LGP 제작 및 광특성 평가

전열가열방식(E-MOLD)을 이용하여 Prismless LGP를 제작하였다. 사출성형기는 도글타입의 고속정밀 사출기(동신유압, PRO-25WD)를 사용하였고, resin은 폴리카보네이트(삼양사, 3022IR)를 사용하였다. 금형 온도는 100, 140, 180℃로 설정하였고, 다른 공정변수인 위치, 압력, 보압, 속도, 시간(가열 및 냉각)은 Table. 2와 같이 설정하였다.

Table.2 Injection molding conditions

Stroke (mm)	압력 (kg _f /cm ²)	속도 (%)	보압 (kg _f /cm ²)	시간(sec)		온도(℃)	
				성형	냉각	실린더	냉각수
46.2	80	30	65	4	30	290	20

광특성은 100, 140, 180℃ 에서 성형된 LGP를 이용하였고, 금형온도에 따라 색좌표 및 각도에 따른 휘도를 측정하여 평가하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 금형가열에 따른 Stamper 온도분포 해석

Fig. 6은 금형가열에 따른 Stamper 표면의 온도분포를 나타낸 것이다. 금형가열온도는 100, 140, 180℃로 설정하였고, E-MOLD 온도조절기에서 설정온도를 나타낼 때 열화상촬영기를 이용하여 실제 금형온도를 측정하여 금형가열온도와 실제 금형온도와의 온도편차를 분석하였다. Table. 3은 온도편차 분석결과이다.

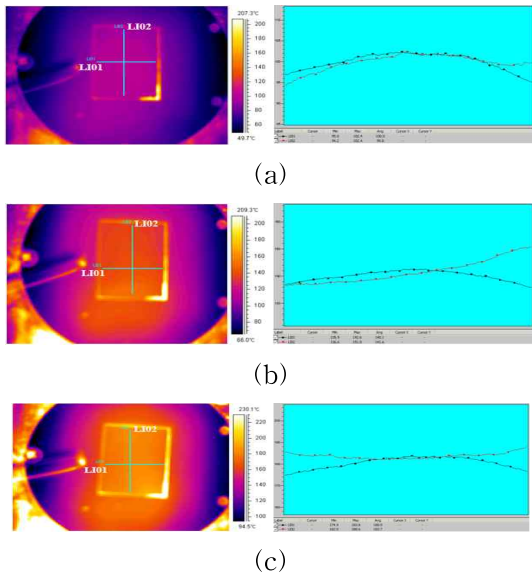


Fig.6 Temperature distribution analysis of the stamper.
 (a) 100°C (b) 140°C (c) 180°C.

Table.3 Analysis of the temperature deviation

구분	항목	100°C	140°C	180°C
LI01	최고/최저 온도(°C)	102.4/95.0	142.6/135.9	183.8/174.9
	평균온도(°C)	100	140.1	180.5
	온도편차(°C)	7.4	6.3	8.9
LI02	최고/최저 온도(°C)	102.4/94.2	151.0/136.6	188.6/182.0
	평균온도(°C)	99.8	141.6	183.7
	온도편차(°C)	8.0	14.4	6.6

3.2 Prismless LGP 제작

Table. 2의 조건으로 금형온도에 따라 Prismless LGP를 제작하였다. 금형온도가 높아질수록 Hologram 패턴이 LGP 표면에 전사가 더 잘되는 것을 알 수 있다. Fig. 7은 사출성형을 통해 제작된 Prismless LGP를 나타낸다.

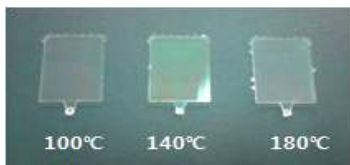


Fig.7 Injection molded parts - Prismless LGP.

3.3 Prismless LGP 광특성 평가

Fig.7에서 보여진 각 금형온도별에 따라 제작된 Prismless LGP를 이용하여 광특성 평가를 실시하였다.

광특성 평가항목으로 색좌표계/색온도계와 일정한 넓이를 가진 광원 또는 반사체 표면의 밝기를 나타내는 휘도를 측정하여 평가하였다. 색좌표(색온도계)는 LED에서 구현할 수 있는 모든 색을 표시한 것이며 실제 측정된 LGP의 X, Y에 대한 색상을 예측하는 비교자료로 이용하는 것으로 Fig. 8과 같다.

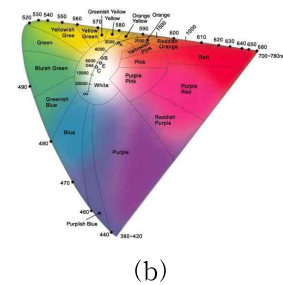
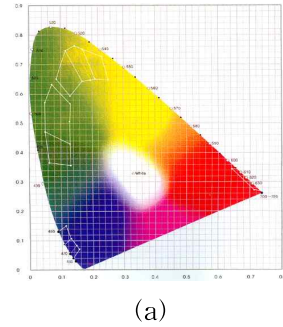
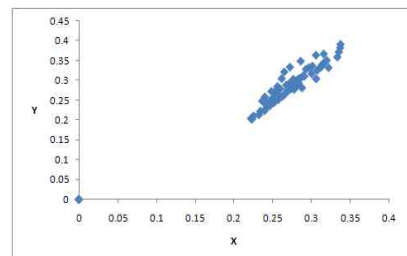
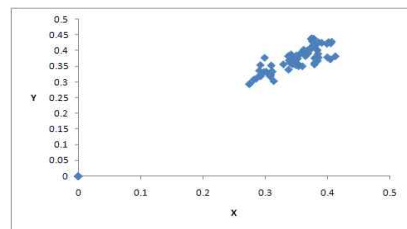


Fig.8 Chromaticity(a) and Color temperature(b).

Fig.9는 금형온도에 따른 LGP의 색좌표를 측정하는 것이다. 100°C에서는 Fig. 8과 비교했을 때 백색에서 노란색의 영역을 나타내며, 색온도는 약 3,500~7,000K를 보인다. 140°C에서는 보라색에서 노란색의 영역을 나타내며, 색온도는 약 3,500~10,000K를 보이고 180°C에서는 보라색에서 녹색의 영역을 나타내며, 색 온도는 약 3,500~12,000K를 보인다.



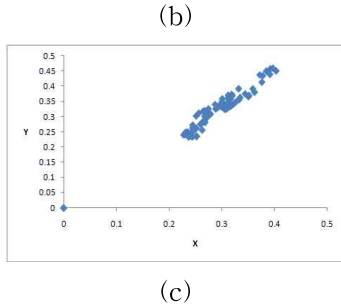


Fig.9 Chromaticity and Color temperature of the Prismless LGP. (a) 100°C (b) 140°C (c) 180°C

Fig.10은 금형온도에 따른 LGP의 휘도를 측정 한 것으로 금형온도가 증가할수록 휘도가 증가하는 것을 알 수 있다.

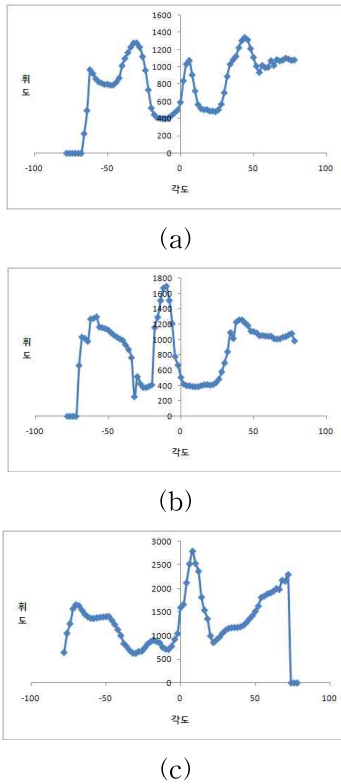


Fig.10 Brightness of the Prismless LGP. (a) 100°C (b) 140°C (c) 180°C

4. 결 론

금형가열에 따른 금형온도와 실제 금형온도를 비교하여 금형가열에 따른 온도편차를 측정 한 결과 급속가열 시 히터 내부의 열전달 시간의 소모로 인해 Stamper의 위치에 따라 최대 14.4°C에서 최소 6.3°C의 온도차이가 발생하나, 급속가열이 끝나는 시점에서는 안정적인 온도에 도달하여 Stamper 표면의 온도분포는 금형가열온도와 동일한 온도를 나타냈다. Prismless

LGP 광특성 평가 결과, 금형온도가 증가할수록 패턴의 전사성 향상으로 인해 휘도도 증가함을 알 수 있었다. 따라서 경량화 및 고휘도의 Prismless LGP를 제작 하기 위해서는 균일한 패턴을 갖는 Stamper 제조기술 및 사출성형 시 Stamper 패턴의 전사성을 향상시킬 수 있는 최적의 성형조건 확립이 중요하다.

참고문헌

- [1] Henrik. P, Henrik. K. R, Niels. B. L and Nikolaj. G, 2006, "On the Injection Modeling of Nanostructured Polymer Surfaces", *Polymer Engineering and Science*, pp. 160~171.
- [2] Yeong-Eun Yoo, Young-Ho Seo, Doo-Sun Choi, Jun-Hyung Lee, Tae-Jin Je and Kyung-Hyun Hwang, 2004, "Injection molded nano scale pattern" *KSME*, pp. 989~992
- [3] Yu, L., Koh, C. G., Lee, L. J. and Koelling, K. W., 2002, "Experimental Investigation and Numerical Simulation of Injection Molding Technology for Micro-Features," *Polymer Engineering and Science*, pp. 871~888
- [4] S. M. Hong, T. J. Je, D. S. Choi, E. S. Lee, D. J. Lee., "A Study on Micro V-groove cutting character at ductile materials by the Diamond Tool" *KSPE*, pp. 1597~1600, 2005.
- [5] E. J. Hwang, Y. E. Yoo, T. J. Je, D. S. Choi., "Data Acquisition of Thin-Wall Injection Molding Cavity with Micro Pattern." *KSPE*, pp. 1601~1604, 2005
- [5] D. H. Kim, M. H. Kang and Y. H. Chun, "Development of a notebook PC housing by using MmSH process", *ANTEC2001*, 2001.
- [6] Yao, D. and Kim, B., "Development of Rapid Heating and Cooling Systems for Injection Molding Applications, *Polymer Engineering Science*, Vol. 42, pp. 2471~2481., 2002.
- [7] J. A. Chang, S. C. Chen and J. C. Cin, "Rapid mold temperature control on micro injection molded parts with high aspect ratio micro-features", *ANTEC2006*, 2006
- [8] M. C. Yu, W. B. Young, P. M. Hsu, Micro-injection molding with the infrared assisted mold heating system", *ANTEC2007*, 2007