

마이크로 LGP의 성형조건에 따른 최적 전사에 관한 연구

*신홍규¹, 조기철¹, 조창연¹, 김병희¹
¹ 강원대학교 기계메카트로닉스공학과

A study on Optimized Filling Ratio with respect to Molding Conditions of Micro LGP

*H. G. Shin¹, K. C. Cho¹, C. Y. Cho¹, B. H. Kim¹

¹ Division of Mechanical Engineering and Mechatronics, Kangwon National University, Chuncheon, Korea

Key words : Hot embossing(핫 엠보싱), PC(폴리카보네이트), LGP(Light Guide Plate, 도광판), Micro rheology(미세 유동)

1. 서론

액정 디스플레이 장치는 휴대폰, 디지털 카메라, 노트북이나 개인용 컴퓨터, TV 등에 널리 이용되고 있다. 이러한 액정 디스플레이 장치는 발광부인 백라이트 유닛(back light unit)을 필요로 한다. 이 유닛의 광원으로는 냉음극관이나 LED가 주로 사용되어 왔는데, 최근에는 발광효율이 높고, 소비전력이 작은 LED의 사용이 증가하고 있다. 백라이트 유닛은 일반적으로 광원, 도광판(LGP, Light Guide Plate), 반사시트, 확산시트, 프리즘시트로 구성되어 있다. 미세하게 정렬된 LGP의 광학패턴은 빛을 균일하게 확산시키는 역할을 수행한다. 그러므로 광학패턴은 LGP 설계의 가장 중요한 기술로서 패턴의 밀도와 형상 및 크기 조절을 통하여 빛의 휘도를 제어할 수 있다.^{1, 2} 일반적으로 모바일 기기용 도광판은 사출성형으로 제작되며, 적은 비용으로 비교적 정밀한 제품까지도 대량생산할 수 있다는 장점 때문에 널리 활용되고 있다. 그러나 재료, 사출 성형기, 금형 및 생산환경에 따라 성형조건이 다르고 동일한 성형조건을 계속적으로 제어하는 것이 어렵다는 문제를 가지고 있다.

핫엠보싱 리소그래피(hot bossing lithography)는 Chou의 공동 연구자들에 의해 처음으로 제안되었다.³ 이 공정은 레지스트 폴리머(resist polymer)를 유리전이온도(glass transition temperature, Tg)이상으로 가열하여 몰드 형성 후, 이를 압축하여 폴리머를 변형시키는 방법으로 마스터(master)와 열가소성 폴리머와의 열적·기계적 물성의 차이를 이용한다.^{4, 5}

본 연구에서는 이러한 문제점을 안고 있는 사출성형 대신 LGP 스탬프를 이용하여 핫엠보싱에 의한 성형을 수행함으로써 마이크로 구조물의 레올로지 특성을 파악하는데 목적을 두고 있다. 본 연구를 통해 핫엠보싱을 이용한 LGP(도광판) 성형특성을 파악하고 성형조건을 정량화 함으로써 마이크로 패턴의 구조물을 성형하기 위한 기반 기술로 활용하려 한다.

2. 핫엠보싱 공정

본 연구에서는 패턴 폭 160 μ m, 깊이 6.3 μ m, 1x1cm를 갖는 마이크로 니켈 LGP 스탬프를 이용하여 핫엠보싱 실험을 수행하였다. 일반적인 핫엠보싱 공정에서는 PMMA를 기판(substrate)에 스핀 코팅(spin coating)하여 사용하지만 본 연구 시험에서는 LGP의 재료인 PC(poly carbonate)를 4x4cm 판재로 잘라내어 시험을 수행하였다.

Fig. 1은 핫 엠보싱 공정의 개략도이다. 전체적인 시험공정은 PC를 유리전이온도 145 $^{\circ}$ C 이상으로 가열하고 압축시킨 후 일정 시간이 경과하면 온도를 유리전이온도 이하로 냉각시켜 마스터를 이형 하는 순서로 수행하였다. 시험방법은 압력과 유리전이온도를 일정하게 유지하고 이형 시간을 조절하여 성형하는 방법과, 시간과 압력을 일정하게 유지하고 온도를 조절하면서 성형하는 방법, 그리고 시간과 온도를 일정하게 유지하고 압력을 조절하면서 성형하는 방법으로 시험을 수행하였다.

2.1 성형 실험 장비

본 연구에 사용된 엠보싱 머신은 핫엠보싱 전용이 아닌 웨이퍼 본딩머신으로 그 형태와 기능은 핫엠보싱 머신과 거의 유사하다.

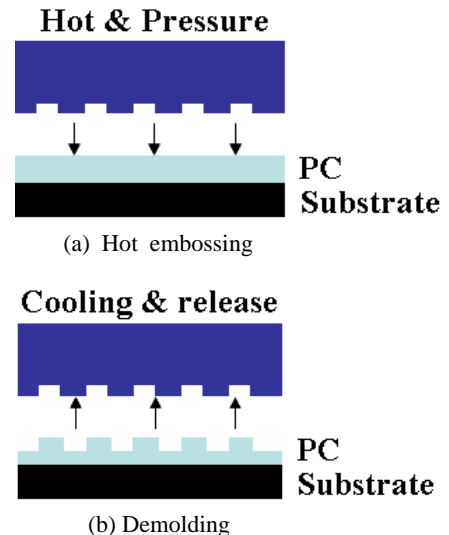


Fig. 1 Schematic representation of hot embossing

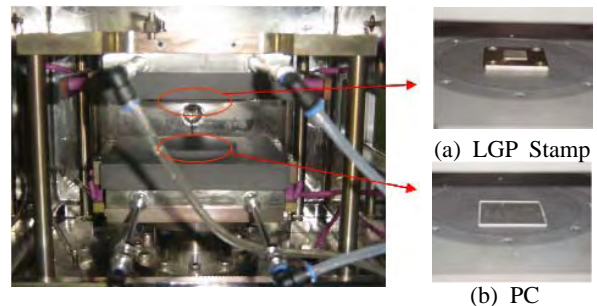


Fig.2 Structure of inner chamber of hot embossing machine

히팅과 냉각 이 가능하며, 공압에 의한 압축(press)시스템과 rotary 펌프에 의한 저진공 시스템을 갖추고 있다. 기존 냉각방식은 N₂가스를 히팅블럭에 불어 넣어 챔버를 냉각하는 간접냉각방식이기 때문에 냉각시간이 상당히 소요되었다. 이런 단점을 극복하기 위하여 N₂가스 블로잉 방식에서 냉각수가 히팅블럭을 강제 순환하는 직접냉각 방식을 구현하였다. Fig. 2는 챔버 내부의 형상과 냉각장치의 형상을 보여주고 있다. 상부 히팅 블럭에는 성형 시험에 사용된 LGP 스탬프를 부착하였으며 하부 히팅 블럭에는 PC가 놓여진다. 그리고 성형하기 전 스탬프와 PC의 분리로 인하여 독립적인 가열 기능이 있다.

3. LGP 패턴 성형 실험

LGP 패턴의 공정변수에 따른 성형특성을 파악하기 위하여 패턴 폭 160 μ m, 깊이 6.3 μ m인 LGP 스탬프를 이용하여 폴리머의 미세 유동(Micro rheology) 성형 실험을 수행하였다. 엠보싱 공정 시간을 단축하기 위하여 PC의 유리전이 온도인 145 $^{\circ}$ C보다 조금 높은 160 $^{\circ}$ C에서 성형 하였고, 이형 온도는 100 $^{\circ}$ C로 하였다. 또한 시간과 압력에 따른 성형 특성을 확인하기 위하여 시간은 2~10분까지 2분 간격으로 측정하였으며, 그에 따른 성형 압력은 각각 45, 91, 136, 182, 227bar로 변화 시켜가며 실험을 수행하였다.

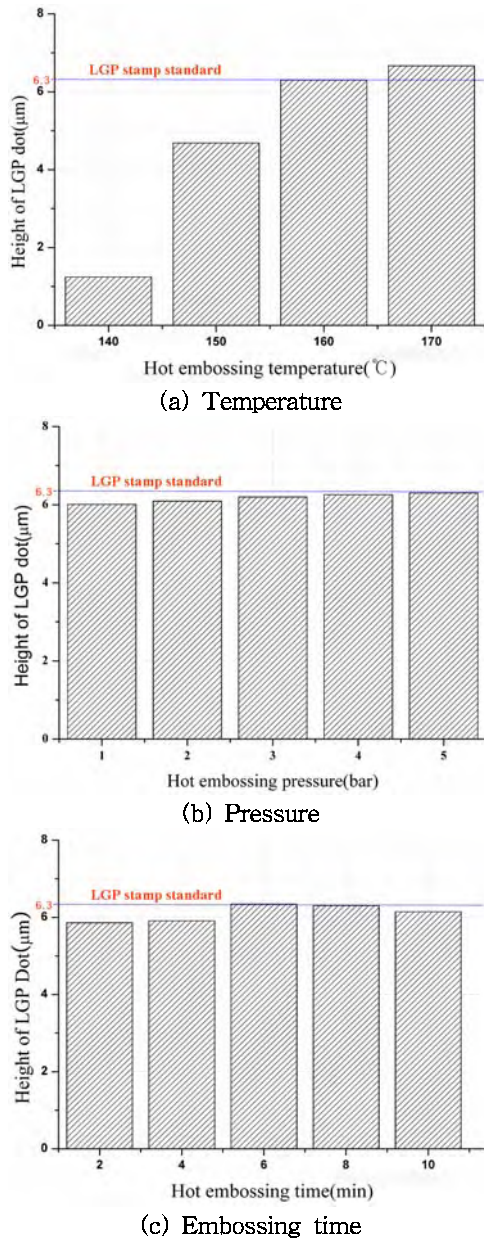


Fig. 3 Micro-rheology characteristic w.r.t various conditions

3.1 성형 실험

Fig. 3 (a)는 온도에 따른 LGP의 전사특성이다. 성형 압력은 227bar로 고정하였고, 성형시간은 5분으로 하였다. 성형할 때 온도는 각각 140, 150, 160, 170°C로 실험하였다. 핫엠보싱 성형시험에서 나타난 패턴의 최대높이는 니켈 스탬프의 패턴 높이 6.3μm보다 큰 6.6μm였다. 그 이유는 PC가 170°C 이상이 되면 용융점을 넘어서기 시작하여 점도가 낮아지며 폴리머의 퍼짐성(wettability)이 증가하여 100°C에서 이형할 때 폴리머의 충분한 고형화가 이루어지지 않아 PC의 뜯어짐 현상이 일어난 것이라 판단된다. 140°C 이하에서는 유리전이온도 이하이기 때문에 PC 고분자 물질이 온도에 의해 분자 활성을 가지지 못하기 때문에 낮게 성형된 것으로 판단된다. 그리고 150, 160, 170°C에서 점점 성형높이가 증가하는 이유는 유리전이온도를 넘어 서면서 폴리머 분자 운동이 활발해 짐으로써 그 성형 높이가 증가하기 때문이다. 시험은 온도를 160°C로 유지하여 성형 시간을 5분으로 하며, Fig. 3(b)와 (c)는 엠보싱 압력과 시간에 따른 결과이다. 그림에서와 같이 압력과 시간은 패턴전사에 있어 큰 영향을 미치지 않는다. 이는 시험온도를 패턴 전사성이 가장 우수한 160°C로 고정하여 시험한 결과로 판단된다. 하지만 Fig. 3(c)와 같이, 160°C, 227bar의 조건에서 부여된 온도, 압력 조건하에서 5분에서 6분 이내에 충전이 가능했다. 하지만 성형시간을 길게 부여할 경우 전체적인

공정시간만 늘어나는 결과를 가져왔다. 최적 성형을 위한 조건으로는 성형온도와 압력이 가장 지배적이며, 충전 시간은 2차적인 성형 파라미터로 판단된다.

4. 결론

마이크로 패턴 공정변수에 따른 성형특성을 파악하기 위하여 패턴 폭 160μm, 깊이 6.3μm인 LGP스탬프를 이용하여 성형실험을 수행하였다. 온도, 압력, 성형 시간을 변화 시키면서 LGP성형에 미세 유동을 확인하였다. 유리전이온도 근처에서 이형은 패턴형상의 수축과 낮은 패턴 전사성 때문에 성형이 잘 이루어지지 않았다. 유리전이온도보다 약간 높은 160°C에서 성형이 잘 이루어지는 것으로 나타났다. 또한 압력에 따른 성형 특성은 압력이 증가할수록 낮은 세장비를 채우는데 높은 압력에서 가장 좋은 성형 특성을 보였다. 성형 시간에 따른 성형 시험에서는 5분에서 6분이 가장 좋은 특성을 보여 성형 시간이 너무 짧으면 금형의 깊이까지 충전 되지 않는 현상을 나타내었다. 또한 성형 시간이 너무 길게 되면 전체적인 공정시간을 증가시킬 뿐 패턴의 전사특성을 향상시키지는 못하는 것으로 판단된다. 향후 사출성형기를 이용한 LGP의 성형 특성을 핫 엠보싱을 이용한 성형 특성과 비교 분석할 계획이다.

후기

본 연구는 과학기술부가 주관하는 21세기 프론티어 연구개발사업의 일환인 나노메카트로닉스기술개발사업단의 연구비 지원(06K1401-00511)에 의해 수행되었습니다. 또한 이 연구에 참여한 연구자(의 일부)는 '2단계 BK21 사업'의 지원비를 받았습니다.

This research was supported by a grant(06K1401-00511) from Center for Nanoscale Mechatronics & Manufacturing, one of the 21st Century Frontier Research Programs, which are supported by Ministry of Science and Technology, Korea. and researchers of this research was supported by Second BK21 project

참고문헌

1. Kalantat K, Matsumoto S and Onishi T, 2001, Functional light-guide plate characterized by optical micro-deflector and micro-reflector for LCD backlight IEICE Trans, Electron. 84-C pp. 1637~46.
2. Togaya A, Nagai M, Koike Y and Yokoyama K, 2001, Thin liquid-crystal display backlight system with highly scattering optical transmission polymer, Appl Opt. 40 6274~80.
3. Stephen Y. Chou, Peter R. Krauss, Preston J. Renstrom, 1995, "Imprint of sub-25nm vias and trenches in polymers", Applied Physics Letters, vol. 67, pp. 3114
4. Yoshihiko Hira, Masaki Fujiwara, Takahiro Okuno and Yoshio Tanaka, 2001, "Study of the resist deformation in nanoimprint lithography", Journal of Vacuum Science and Technology B, vol. 19, issue6, pp. 2811-2815.
5. H. Schift, R. W. Jaszewski, C.David and J.Gobrecht, 1999, "Nanostructuring of polymers and fabrication of interdigitated electrodes by Hot Embossing Lithography", Microelectronic Engineering, vol. 46, pp. 121-124