

R2F 공정을 이용한 PC소재 기반 마이크로 패턴 성형 공정 연구

Research on Micro Pattern Forming Based on Polymer Substrate Using R2F Thermal Imprinting Process

*전해용¹, #송정환¹, 이해진¹, 란수화이², 이낙규¹, 이근안¹, 이태진¹

*H.Y.Jeon¹, J.H.Song(jhsong@kitech.re.kr)¹, H.J.Lee¹, Shuhuai Lan², N.K.Lee¹, G.A.Lee¹, T.J.Lee¹

¹한국생산기술연구원 융복합기술연구본부, ²아주대학교 기계공학과

Key words : Roll to Flat, Flexible Polycarbonate, Replication ratio

1. 서론

반도체 산업, IC산업, display산업이 발전함에 따라, 대량 생산, 낮은 가격, 좋은 품질을 원하는 소비자가 늘고 있으며 이로 인해 다양한 공정이 개발 되고 있다.

이 중 마이크로/나노 스케일 리소그래피 기술은 photonic components, 마이크로/나노 플루이딕 칩, 칩 기반 센서 및 생물학적 적용에 있어 기존 고가의 리소그래피 공정을 대체할 수 있는 유력한 대안으로 주목 받고 있다.¹⁾

미국 프린스턴 대학교의 S.Y.Chou가 1995년 처음제안한 NIL(Nanoimprint Lithography)은 몰드(혹은 스탬프)에 기 형성되어 있는 나노 구조의 패턴을 기계적 가압을 통해 반복적으로 기판에 전사시키는 기술로 사용되는 레지스트의 종류 및 경화시키는 방법에 따라 열 나노임프린트 리소그래피(Thermal NIL)와 자외선 나노임프린트 리소그래피(UV-NIL)로 구별된다.²⁾³⁾

2003년 International Technology Roadmap for Semiconductor에 NIL이 Next-Generation Lithography(NGL)로 등록되었지만¹⁾ 대량 생산과 대면적 패턴 작업 효율이 떨어진다.

이러한 문제점을 해결하기 위하여 S.F.Chou가 RNIL(Roller-type Nanoimprinting Lithography)을 제안하였고 이 기술은 마이크로/나노 스케일의 Flexible substrate을 경제적 대량 생산할 수 있는 기술로 주목 받고 있다. 기존의 flat-press type imprint process와 비교하여 연속 작업이 가능하기 때문에 Flexible 반도체, e-paper, flexible solar cell, polymeric micro fluidics devices등에 다양하게 이용된다.⁴⁾⁵⁾

본 연구에서는 이러한 RNIL system에 PC를 사용하여 공정변수(PC두께, 롤러압력, 롤링속도)를 제어 하였을 때 롤링속도와 전사율의 관계, 롤러압력과 전사율의 관계를 토대로 system feasibility와 패턴 성형성을 분석하였다.

2. 본론

2.1 R2F Thermal Imprinting System

R2F thermal imprinting system의 개략도는 Fig.1과 같다.

R2F는 코어 안에 히터가 내장되어 있고 AC-servo 모터에 의해 작동 되는 압축롤러, 평판 몰드, 지그, 제어기로 구성되어 있다.

다이싱 공정을 적용하여 제작된 스테인리스 재질의 몰드는 100×100mm², 패턴은 높이 100 μ m, 폭 200 μ m, 간격100 μ m의 사양을 가지고 있다.

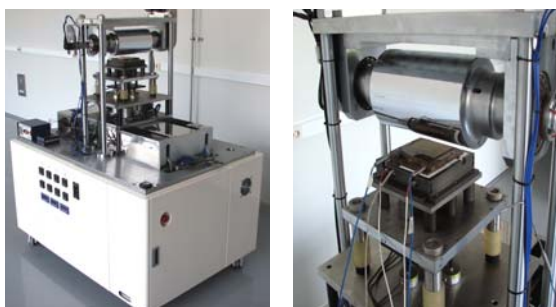


Fig. 1 Overview of the roll-to-flat system

2.2 실험 순서(Procedure of Engineering)

PC를 지그에 고정 시킨 후 몰드를 PC의 유리전이온도(160 $^{\circ}$ C)보다 높게 가열하고 롤러 온도는 분위기 온도와 일치시킨다. 롤러가 PC에 특정압력을 가하는 동안 몰드 기판은 일정한 속도로 수평 이동한다. 성형 후 수직방향으로 롤러를 올리고 PC와 몰드를 분리시킨다.

2.3 실험조건

실험 1은 롤링속도 평가를 위해 몰드온도(160 $^{\circ}$ C), PC두께(0.5mm)와 롤러압력(200kgf)을 일정히 유지하고 롤링속도를 0.2mm/s에서 2mm/s까지 변화 시킨다.

실험 2는 롤러압력 평가를 위해 몰드온도(160 $^{\circ}$ C), PC두께(0.5mm)와 롤링속도(0.5mm/s)를 일정히 유지하고 롤러압력을 160kgf에서 200kgf까지 변화 시킨다

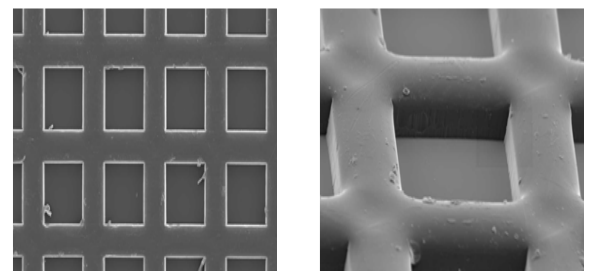
식(1)을 이용하여 패턴 전사율을 분석한다.

$$R_r = \frac{D_c}{H_m} \quad (1)$$

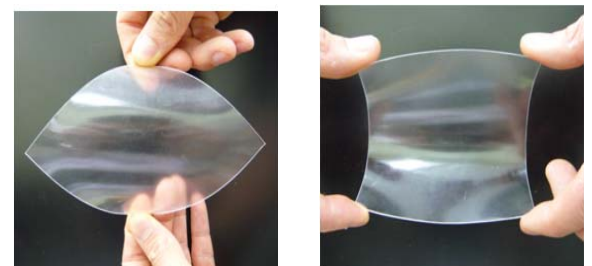
R_r (Replication ratio)은 전사율이며, D_c 및 H_m 은 각각 전사된 깊이와 몰드에 패턴 된 높이이다.

3. 실험결과

R2F 실험에 0.5mm Flexible PC를 사용하였으며 임프린팅된 PC를 Fig.2에 도시하였다. (a)는 SEM을 사용하여 측정된 사진을 도시하였고 (b)는 패턴된 PC를 도시하였다.



(a) SEM image of imprinted patterns



(b) Patterned PC

Fig.2 0.5mm flexible PC

실험1의 결과는 Fig.3에서 보여 준다.
 임프린트된 PC를 측정하여 롤링속도와 전사율을 도시하였다.

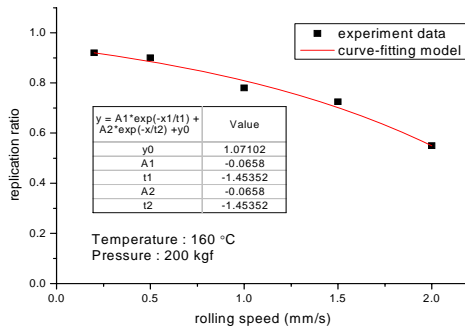


Fig.3 Relationship between rolling speed and replication ratio

전사율은 롤링속도가 0.2mm/s에서 2mm/s로 증가하는 동안 감소하였다. 속도가 낮은 경우 몰드와 PC사이의 접촉시간이 길어 전사율이 높고, 속도가 높은 경우 접촉시간이 짧아 전사율이 낮다.

롤링속도를 0.5mm/s로 일정하게 유지시키고 롤러압력을 160kgf에서 200kgf으로 높였을 때 28.7%의 전사율 향상을 볼 수 있다.

실험2의 결과는 Fig.4에서 보여 준다.
 임프린트된 PC를 측정하여 롤러압력과 전사율을 도시하였다.

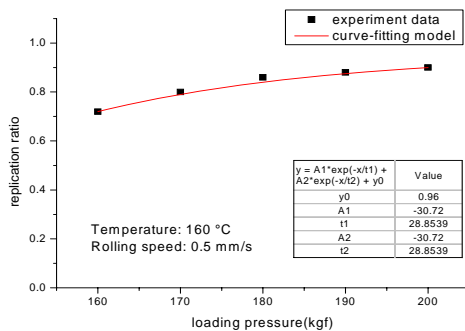


Fig.4 Relationship between loading pressure and replication ratio

롤러압력 증가는 충분한 폴리머 유동을 갖게 한다. 롤러압력이 증가함에 따라 전사율이 증가함을 볼 수 있다. 결과로부터 높은 전사율은 높은 세장비를 의미한다.

롤러압력을 200kgf로 일정하게 유지시키고 롤링속도를 2mm/s에서 0.2mm/s로 줄였을 때 63.6%의 전사율 향상을 볼 수 있다.

낮은 롤링속도와 높은 롤러압력에서 높은 전사율과 패턴의 정확함을 볼 수 있다.

4. 결론

본 연구는 마이크로 패턴을 가지고 있는 몰드를 임프린트하여 몰드에 패턴 돼있는 패턴의 성형성을 알아보기 위하여 롤러압력과 롤링속도를 달리하여 실험하였으며, 마이크로 패턴의 성형성을 측정하였다.

측정결과 롤러압력과 롤링속도가 마이크로 패턴의 전사성에 영향을 주는 것을 확인할 수 있었다.

본 연구결과는 마이크로 패턴된 Flexible PC를 사용하는 다양한 마이크로 장비에 효과적으로 이용될 수 있다.

후기

본 연구는 한국생산기술연구원 내부과제 “Flexible 기관 기반 연속제조 융합 공정 요소기술 개발”의 결과로 이에 관계자 여러분께 감사드립니다.

참고문헌

- (1)Shuhuai Lan., "Survey on Roller-type Nanoimprint Lithography (RNIL) Process," Journal of ICSMA, (2008), 371-376.
- (2)김국원, 김남웅., 2008, “열-나노임프린트 리소그래피 공정에서의 폴리머 유동에 대한 해석적 접근,” 한국공작기계학회논문집, Vol.17, No.3, pp.20-26.
- (3)김남웅, 김국원, 정태은, 신호철., 2008, “UV 나노 임프린트 공정에서 스탬프 균일 변형을 위한 더미 블록 설계,” 한국공작기계학회논문집, Vol.17, No.3, pp.76-81.
- (4)Grawford G.P., 2005, Flexible Flat Panel Displays, Wiley, Chichester.
- (5)R.C.Liang et al., 2003, "Microcup displays: Electronic paper by roll-to-roll manufacturing process," Journal of the SID, 11/4, 621-628.