

# 사출성형을 이용한 미세 패턴 성형

이관희<sup>†</sup> · 유영은\* · 김선경\*\* · 김태훈\*\*\* · 제태진\* · 최두선\* ·

## Fabrication of nano pattern using the injection molding

Kwan-Hee Lee<sup>†</sup>, Yeong-Eun Yoo\*, Sun-Kyoung Kim\*\*, Tae-Hoon Kim\*\*\*

Tae-Jin Je\*, Doo-Sun Choi\*

**Key Words : Injection molding(사출성형), Nano pattern(나노패턴), Replication(전사성)**

### Abstract

A plastic substrate with tiny rectangular pillars less than 100nm is injection molded to study pattern replication in injection molding. The size of the substrate is 50mm x 50mm and 1mm thick. The substrate has 9 patterned areas of which size is 2mm x 2mm respectively. The lengths of the pillars are 50nm, 100nm, 150nm and 200nm and the width and height are 50nm and about 100nm respectively. A pattern master is fabricated by e-beam writing using positive PR(photo resist) and then a nickel stamper replicated from the PR master by nickel electro-plating. Cr is deposited on the PR pattern master before nickel electro-plating as a conducting layer. Using this nickel stamper, several injection molding experiments are done to investigate effects of the injection molding parameters such as mold temperature, injection rate, packing pressure or pattern location on the replication of the patterns under 100nm.

### 1. 서 론

최근 정보화기술 (IT : Information Technology) 산업의 비약적인 발전과 더불어 정보량의 증가와 통신 속도의 증가로 인해 광 저장 매체의 용량 증가에 대한 요구가 급증하고 있다. 현재 대용량 저장 방법으로 주목받고 있는 DVD 및 BD (Blue-ray)는 얇은 플라스틱 기판 위에 특정한 dot 형상의 양각 패턴을 형성하여 특정 파장의 laser 를 이용하여 정보 저장을 위한 표면의 Pattern 의 크기를 줄임으로써 대용량 저장 정보에 대한 요

구를 만족시킬 수 있는 가능성이 매우 크다고 할 수 있다.

표면에 미세패턴이 존재하는 플라스틱구조물의 성형공정은 사출성형(injection molding), 엠보싱(embossing), 임프린팅(imprinting)등의 공정 등이 대표적이다. 그러나 엠보싱 공정과 임프린팅 공정은 성형 시간이 길고 고분자 시트의 정밀도에 한계가 있다. 미세 패턴을 저비용으로 생산하기 위해서는 플라스틱 재료를 이용하는 것이 필수적이며 사출성형 공정기술은 플라스틱 제품을 대량 생산하는데 가장 적합한 가공 방법이다. 그러나 사출성형은 수지와 금형의 온도차로 인해 성형품의 물성 및 전사성의 결함에 영향을 미치며 미세 패턴의 성형성에서는 더욱 큰 영향을 미친다.

본 연구에서는 50mm×50mm의 크기에 2mm×2mm의 9개의 미세패턴 영역 안에 dot형상의 음각 패턴이 존재하고 있는 Ni-Stamper를 제작하여

---

† 서울산업대학교 나노아이티공학과  
E-mail : gani@kimm.re.kr  
TEL : (042)868-7903 FAX : (042)868-7149

\* 한국기계연구원 나노공정장비연구센터

\*\* 서울산업대학교 금형설계학과

\*\*\* 충남대학교 메카트로닉스공학과

---

사출성형 및 측정함으로써 캐비티 내부의 위치별 용융 수지의 흐름에 따른 패턴의 전사성을 파악하였다. 또한 오일 금형온도 조절기와 열전대 히터를 이용하여 동일한 두 조건의 금형온도 내에서 보압 조건을 달리하여 사출성형 함으로써 금형온도와 사출압력이 미세패턴의 성형성 및 전사성에 미치는 영향을 비교 분석하였다.

## 2. Stamper 제작 및 실험 장비

### 2.1 Stamper 제작 및 패턴의 구조

본 연구에 사용된 스탬퍼는 실리콘 웨이퍼에 photo resist(positive PR)를 코팅하여 e-beam 리소그래피 공정과 develop공정을 거쳐 제작된 마스터를 이용하여 Cr을 도포 한 후 니켈을 전주함으로써 제작 되었다. Fig. 1은 스탬퍼 제작에 관한 공정을 나타낸 것이며 Fig. 2는 단위 패턴의 배열을 나타낸 것이다. Fig. 3은 FE-SEM(Raith150)으로 측정된 스탬퍼에 형성된 패턴의 형상을 나타낸 것이다.

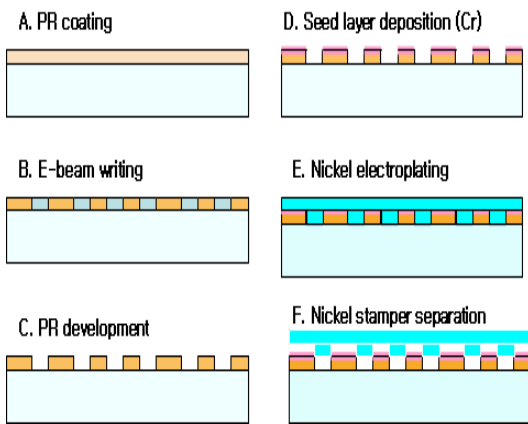


Fig. 1 Fabrication process of Ni-stamper

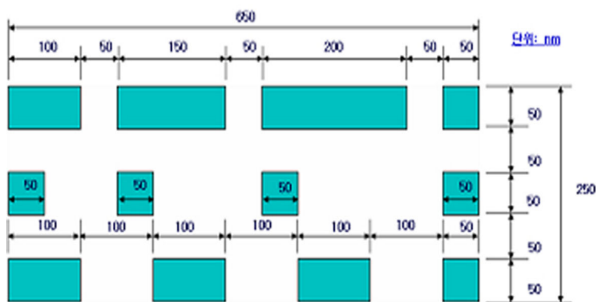


Fig. 2 Array of nano pattern

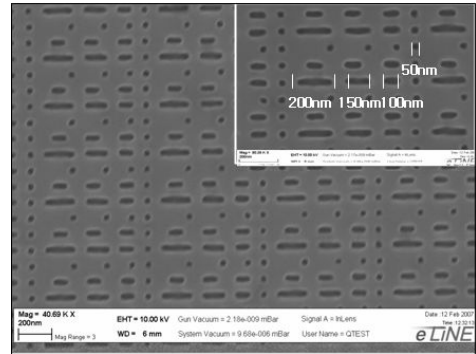


Fig. 3 FE-SEM image of 50nm, 100nm, 150nm, 200nm-designed dot

완성된 스탬퍼의 구조는 50mm×50mm의 면적에 2mm×2mm의 영역으로 9개의 패턴이 분포가 되어 있다. 2mm×2mm의 영역안의 dot형상의 크기는 가로 50nm, 100nm, 150nm, 200nm 세로 50nm 높이 100nm로 되어 형성 되어 있다.

### 2.3 사출성형 실험 장비

50mm×50mm 면적과 1mm 두께를 가지고 있는 스탬퍼를 이용하여 미세패턴이 존재하는 시편을 성형하기 위해 사출 성형 금형을 제작 하였다.

Fig. 4는 사출 성형을 위해 사용한 금형의 형상을 나타낸 것이며 이동 측에 스탬퍼를 홀딩 할 수 있도록 제작하였다. 사출 성형 금형의 온도제어를 위해 오일 금형온도 조절기와 열전대 히터를 병행하여 사용 하였으며, 금형온도는 Thermocouple K를 이용하여 측정하였다. 사출성형을 위해 사용한 사출성형기는 Sumitomo사의 전동 사출성형기 SE50D를 사용하였으며 제원은 클램프력 최대 50Ton, 최대 사출압력 2800kgf/cm<sup>2</sup>, 최대 사출속도 500mm/s이다.

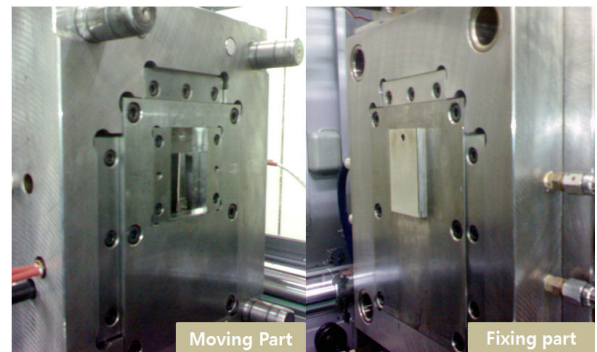


Fig. 4 Injection molding



Fig. 5 Injection molding equipment

### 3. 사출성형 실험 및 결과

미세패턴이 표면에 존재하는 제품의 성형은 금형온도, 사출속도, 사출압력 등의 성형 공정 조건이 미세패턴의 성형성 및 전사성에 영향을 미치며 특히 금형 온도는 미세패턴의 전사성에 더욱 중요한 영향을 미친다. 본 실험에 앞서 금형 온도 100℃, 보압 240Kgf/cm<sup>2</sup>의 조건으로 예비 실험을 한 결과 미세패턴의 전사가 이루어 지지 않았음을 확인 할 수 있었으며 이는 금형온도가 미세패턴의 전사성에 중요한 영향을 미친다는 것을 확인 할 수 있다. 이를 바탕으로 본 실험에서는 다양한 크기의 미세패턴을 이용하여 미세패턴의 전사성을 분석하기 위하여 금형 온도와 사출속도 그리고 사출압력의 성형 공정 조건 등의 변수를 다르게 하여 사출성형 함으로써 주요 변수의 영향을 분석하고 패턴의 전사성을 비교 분석해 보았다.

성형에 사용한 수지는 Topas사의 COC(Cyclic olefin copolymer)를 사용하였다. Table 2는 실험에 사용된 사출 성형 공정 조건으로 금형온도 각 120℃, 140℃의 조건에 서로 다른 조건의 보압을 적용하였으며 사출속도는 1단 90mm/s, 2단 80mm/s로 모든 공정에 동일하게 적용 하였다. 금형온도는 실측온도로써 금형 내부와 스탬퍼 중앙부에 열전대를 설치하였고 금형내부에 설치된 열전대는 히터 컨트롤러에 연결하여 금형 온도를 제어하였다. 측정결과 금형내부와 스탬퍼의 온도 차이는 3℃정도로 금형내부의 온도가 낮게 측정 되었다.

각 조건에 의해 사출 성형 되어 진 공정 데이터는 최고 사출 압력 평균 320Kgf/cm<sup>2</sup>정도로 미세한 차이를 보였으며 충전 시간은 0.17s로 동일하게 측정 되었다.

Table 2 Specification of Injection molding machine

온도	120℃			140℃		
	Cases	2단 (1.0Sec)	1단 (1.2Sec)	Cases	2단 (1.0Sec)	1단 (1.2Sec)
보압	(a)	140Kgf/cm <sup>2</sup>	100Kgf/cm <sup>2</sup>	(d)	140Kgf/cm <sup>2</sup>	100Kgf/cm <sup>2</sup>
	(b)	210Kgf/cm <sup>2</sup>	170Kgf/cm <sup>2</sup>	(e)	210Kgf/cm <sup>2</sup>	170Kgf/cm <sup>2</sup>
	(c)	280Kgf/cm <sup>2</sup>	240Kgf/cm <sup>2</sup>	(f)	280Kgf/cm <sup>2</sup>	240Kgf/cm <sup>2</sup>

Fig. 6은 각 성형 조건별로 성형된 표면의 형상을 FE-SEM을 이용하여 얻은 이미지들이다. Fig. 6 case(a)에서 볼 수 있듯이 금형온도 120℃에 낮은 보압 조건에서도 나노 패턴이 전사되는 것을 확인 할 수 있었다. 동일한 온도 조건에서 서로 다른 압력조건(Fig.6 case(a)-(c), case(d)-(f))의 성형성을 비교한 결과 압력이 높아질수록 100nm, 150nm, 200nm의 성형성에는 크게 변화가 없었으나 50nm크기의 미세패턴 전사성이 조금씩 향상되는 것을 확인 할 수 있었다. 또한 동일한 압력 조건에서 다른 금형온도 조건(case(c)와 case(f))을 비교 한 결과 금형 온도가 높은 case(f)의 성형성이 더 우수한 것을 확인 할 수가 있었다. 이는 본 연구의 실험 조건에서 금형온도와 보압의 증가가 미세패턴의 성형성을 향상시키는 것으로 관찰되었다.

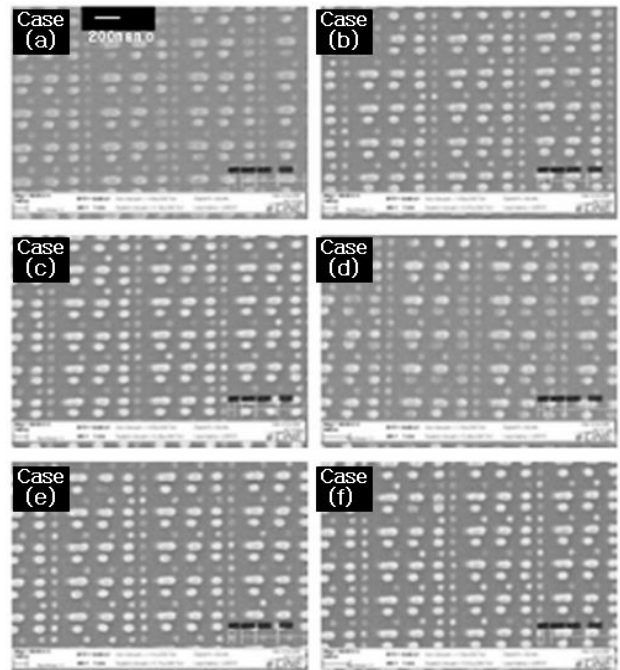


Fig. 6 FE-SEM images of nano dot: case(a), case(b), case(c), case(d), case(e), case(f)

Fig. 7은 case(f)의 조건에서 미세 패턴을 Tilting 하여 측정한 이미지로 패턴의 크기가 미세해 질 수록 패턴의 전사성이 저하되는 것을 확인 할 수 있었다.

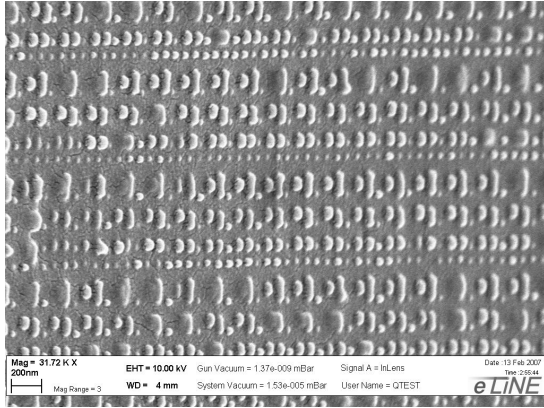


Fig. 7 Tilting image of nano dot: case(f)

미세패턴의 위치별 성형성을 파악하기 위하여 미세패턴의 형상을 위치별로 나타내었다. Fig. 8은 성형품에 존재하는 2mm×2mm의 패턴 영역의 위치를 나타낸 것이다.

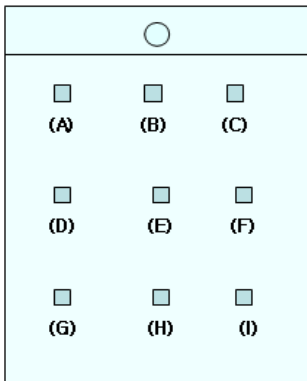


Fig. 8 Nono-pattern location (scale 2mm×2mm)

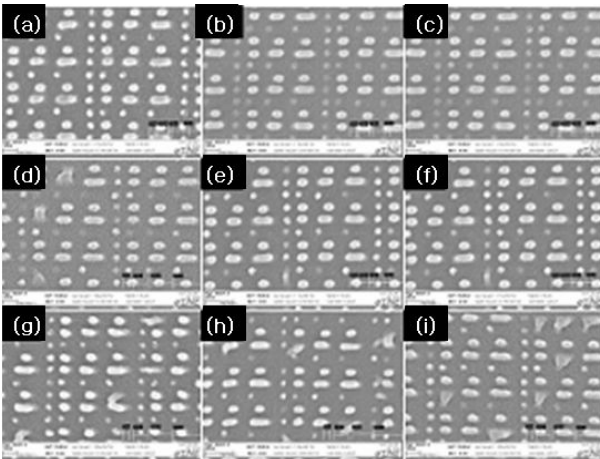


Fig. 9 FE-SEM images of nano dot: nano-pattern location (a),(b),(c),(d),(e),(f),(g),(h) and (i)

Fig. 9는 각 위치별 패턴의 형상을 나타낸 것이며 형상 (g), (h), (i)에서 보듯이 게이트 부분에서 멀리 떨어질수록 패턴의 전사성이 저하 되는 것을 확인 할 수 있었다. 이는 주입된 수지가 게이트에서 멀어질수록 온도, 압력, 속도가 저하 되어 나타난 현상으로 판단된다.

#### 4. 결 론

본 연구에서는 미세패턴을 가지고 있는 제품을 성형하여 제품에 존재하고 있는 미세패턴의 성형성을 알아보기 위하여 금형온도와 압력을 달리하여 실험하였으며 각 위치별 미세패턴의 성형성을 측정 하였다. 측정결과 금형의 온도는 미세 패턴의 전사성에 중요한 영향을 주었으며 고온에 의해 성형이 확인된 후 사출압력 조건이 미세패턴의 전사성에 영향을 줄 수 있는 것을 확인 할 수 있었다. 이를 토대로 미세구조를 갖는 사출공정의 금형특성은 금형표면을 순간적으로 가열하여 전사가 가능 온도까지 상승 시킨 후 충전 완료와 동시에 급속냉각이 가능한 구조가 되어야 된다는 것을 확인할 수 있었다. 따라서 이와 같은 금형 특성과 공정 조건을 최적화 하는 실험을 수행할 예정이며 이를 바탕으로 최적의 조건을 데이터베이스화 할 예정이다.

#### 후 기

본 연구는 21세기 프론티어 연구 개발사업의 지원으로 이루어진 것입니다.

#### 참고문헌

- (1) 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.
- (2) Kari monkkonen, etc, 2002, "Replication of sub-micron features using amorphous thermoplastics", *Polymer engineering and science*, July, Vol. 42, No.7, pp. 1600~1608

- (3) Dong-Hak Kim, Hong-Jin Yoo, and Tae-Wan Kim, 2004, "Effects of mold surface heating methods for the DVD stamper with nano pattern on the transcription of the injection molded parts using COC and PMMA plastics" *KIAS*, Vol. 5, No. 3, pp. 218-222
- (4) Jehuda Greener, Reinhold Wimberger-Friedl, 2006, "Precision Injection Molding Process, Materials and applications" *Hanser Publishers*, pp.192-194