

미세패턴 사출 성형시 보압에 따른 전사 특성

stud on micro pattern replication properties to pressure in in ection molding

*김태훈¹, #최두선², 유영은³, 제태진⁴, 김창완³, 박영우³

*T. H. Kim¹, #D. S. Choi(choids@kimm.re.kr)², Y. E. Yoo³, T. J. Je⁴, C. W. Kim⁵, Y. W. Park⁶

^{1,6}충남대학교 메카트로닉스공학과, ^{2,3,4,5}한국기계연구원 나노공정장비연구센터

Key words : Injection molding, Micro pattern, Replication

1. 서론

정보화 기술(IT : Information Technology), 디지털 산업의 발전은 영상 정보의 효율적 전달을 위한 디스플레이 산업에 큰 변화를 가져와 기존의 CRT 기반의 디스플레이 장치에서 휴대화, 대형화, 저소비, 경량 및 박형화 등의 장점을 지닌 평판디스플레이(FPD : Flat Panel Display)로 급속하게 대체 되고 있다. LCD는 점차 대형화, 고휘도화 되고 있으며, 이와 병행하여 LCD BLU의 핵심 부품인 도광판의 크기는 커지고 두께는 감소되고 있으며, 표면에 미세패턴의 적용이 점차 증가하는 추세에 있다. 표면에 미세패턴이 균일하게 분포하는 박판을 성형 할 경우, 금형의 게이트 위치, 크기, 두께와 수지의 온도, 금형 온도, 사출 속도 및 압력 등의 성형 공정 조건에 따라 성형품의 미성형 및 변형, 혹은 과도한 잔류 응력에 의한 기계적, 광학적 특성의 저하가 나타나게 되고, 박판 성형의 특성상 용융 수지가 금형에 충전되는 동안 표면으로부터 고화가 진행 되어 유동성이 급격히 저하되는 현상이 나타나게 된다. 또한 급격하게 저하된 유동성으로 인한 성형 제품 표면에 형성 될 나노 및 마이크로 구조물의 전사를 어렵게 하는 문제점 등이 나타나게 된다. 따라서 비교적 넓은 면적에 두께가 얇은 박판 성형을 할 경우, 금형 내부에서 발생하는 용융수지의 흐름, 온도 변화, 압력 변화 등의 다양한 현상을 측정하고 그 영향을 규명하여 사출 성형 공정을 최적화 하는 것이 필요하다. 본 연구에서는 400mm × 400mm 면적에 두께 1mm가지를 박판 제품을 사출 성형하고, 사출 성형시에 설정하는 보압 설정이 제품 표면에 분포되어 있는 미세패턴의 전사성에 어떠한 영향을 주는지에 대한 상관관계를 측정 분석 비교하였다.

2. 사출 성형 실험 및 측정

2.1 사출 성형 실험 장비

400mm×400mm 면적에 두께 1mm가지를 박판 제품 표면에 미세패턴이 존재하는 제품을 성형하기 위해서 사출 성형 금형을 제작하였다. 제품의 표면에는 사각, 원형, 삼각의 3가지 형태의 패턴이 존재한다. 사각패턴은 간격 200 μ m에 크기는 135 μ m로 적용하였으며, 원형패턴은 간격 182 μ m에 크기 70.4 μ m로 적용하였다. 마지막으로 삼각 패턴은 간격 50 μ m에 크기 25 μ m로 적용하였으며, 패턴의 간격과 크기의 비율은 2:1의 비율을 가지게 된다. Fig.1은 제품 표면에 분포 되어 있는 미세패턴의 형상과 분포 구역을 나타낸 것이며, Fig.2는 사출 성형을 위해 제작된 금형을 나타낸 것이다. 제품을 사출 성형하기 위해서 사용한 사출 성형기는 Sumitomo사의 전동식 사출기 SE550S를 사용하였으며, 제품을 성형하기 위해서 사용한 수지는 Asahi사의 Polymethyl methacrylate(PMMA) Grade 80N를 사용 하였다.

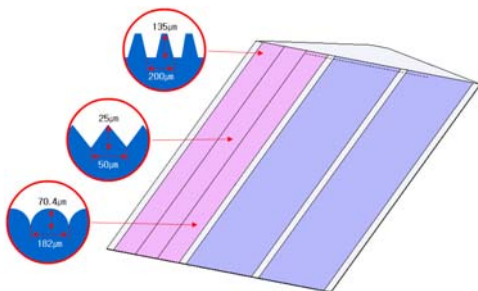


Fig. 1 Shape of patterns



Fig. 2 400mm×400mm injection mold

2.2 온도와 압력 측정 장비

사출 성형시 발생하는 금형 캐비티 내부에서의 용융 수지의 충전 및 변화되는 압력과 온도를 실시간 측정하기 위하여 금형 내부에 센서를 삽입하였다. 압력과 온도를 측정하기 위해 사용한 센서는 Kistler사의 사출 압력 및 온도 센서인 6190A를 사용하였다. 센서가 설치된 위치와 삽입된 센서의 형상을 Fig. 3에 나타내었다.

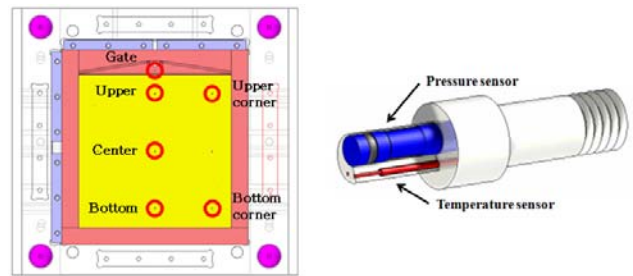


Fig. 3 Sensors in mold (moving part)

3. 사출 성형 및 측정 결과

사출 하려는 면적이 비교적 넓고, 두께가 얇은 박판의 제품 일수록 사출 성형시에 금형 내부에서 형성되는 압력 그래프의 형상은 급격하게 이루어진다. 또한 미세패턴의 전사성은 금형 온도 및 사출 속도, 사출 압력에 따라 전사성의 차이를 보이게 되며, 이에 따른 영향으로 제품의 위치별로 미세패턴의 전사성 차이를 보이게 된다. Table 1은 실험을 진행하는 동안 설정한 스크루 위치와 속도를 나타낸 것이며, 스크루의 위치는 각 구간별로 short-shot을 통하여 제품 성형에 따른 위치를 제어했으며, 속도는 사출 성형기의 최대 속도 60% 미만으로 설정하였다.

Table 1 Injection molding operational conditions (A)

| 보압 설정/ 유지 시간 제어부 | | | | | 스크루 위치/ 사출 속도 제어부 | | | | | |
|------------------|-----|-----|-----|-------|-------------------|----|----|----|----|------|
| 4 | 3 | 2 | 1 | 구간 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 구간 |
| 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | sec | 6 | 17 | 33 | 49 | 65 | mm |
| 170 | 170 | 170 | 170 | kgf/c | 60 | 60 | 65 | 65 | 80 | mm/s |

Table 2 실험을 진행하는 동안 설정한 보압 나타낸 것이며, 보압 설정의 기준은 제품 성형 중 발생하는 피크압을 기준으로 10% 차이를 두어 80%까지 단계별로 진행하였다. 이때 금형온도는 90 $^{\circ}$ C로 고정 하였으며, 보압 과정의 유지시간은 1초 유지를 시켰다. 또한 보압 설정부의 2구간, 3구간, 4구간의 보압 설정이 미세패턴에 미치는 영향에 대하여 알아보았다.

Table 2 Injection molding operational conditions (B)

| 설 정 압 력 | | | | | | | | |
|---------|-----|-----|-----|-----|------|------|------|-------|
| 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | % |
| 170 | 340 | 510 | 680 | 850 | 1020 | 1190 | 1360 | kgf/c |
| 설 정 시 간 | | | | | | | | |
| 0.5 | 1 | 2 | 4 | 6 | 8 | sec | | |
| 10 | 12 | 14 | 16 | 18 | 20 | | | |

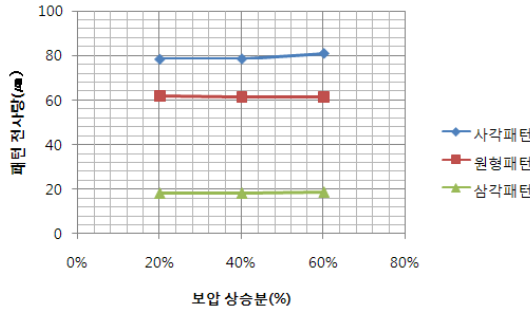


Fig. 4 Variations of micro patterns according to pressure conditions

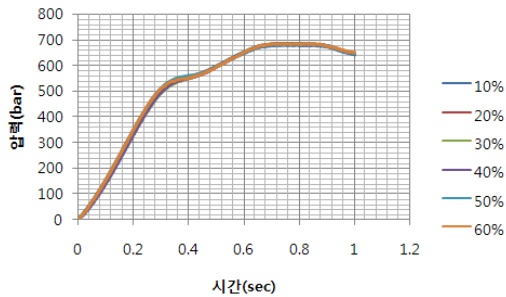


Fig. 5 Result of pressure distribution (upper corner)

Fig. 4는 상단모서리의 미세패턴 전사성을 보압 설정별로 나타낸 그래프이며, Fig. 5는 이에 해당되는 부근의 압력을 측정하여 나타낸 그래프이다. 보압 설정이 증가함에 따라서 미세패턴의 전사성은 큰 변화를 가지지 않으며, 각 패턴별로 같거나 보압 설정 상승분이 높을 때 약간의 변화를 나타내게 된다. 압력 그래프 역시 초기 압력에 해당되는 1초 구간의 상승폭이 보압 설정분과 상관없이 같게 나타나고 있다. Fig. 6, Fig. 7은 하단모서리의 미세패턴 전사성과 보압 설정에 따른 압력 그래프를 나타낸 것이며, 각 패턴의 전사성은 앞에서 나타난 결과와는 다르게 보압 설정 20%때의 미세패턴의 전사성이 변화의 폭은 작지만, 높게 측정되는 것을 알 수가 있었다. 또한 압력그래프 역시 보압이 낮게 설정되었을 때 급격하게 압력이 증가하는 것을 확인 할 수 있었다. 이는 작은 톤수의 사출 성형기로 비교적 큰 면적을 사출 성형할 때 형체력 부족으로 인하여 금형이 벌어져 제품의 두께가 두꺼워 지며, 보압이 높아 질수록 전반적인 제품의 두께가 두꺼워 지게 된다. 즉 10% 보압 설정일 때 제품의 두께가 가장 얇게 성형이 되며, 충분한 압력이 하단부까지 영향을 미치고, 압력이 높아지면서 미세패턴의 전사성이 향상되는 것으로 판단되어진다.

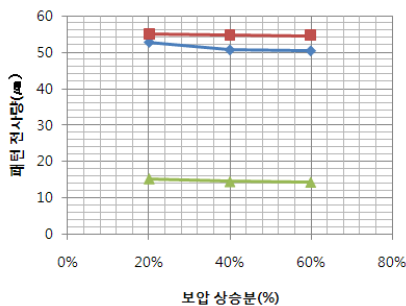


Fig. 6 Variations of micro patterns according to pressure conditions

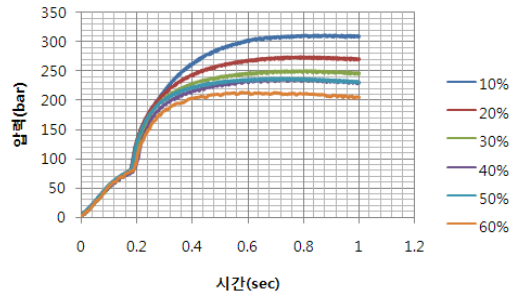


Fig. 7 Result of pressure distribution (bottom corner)

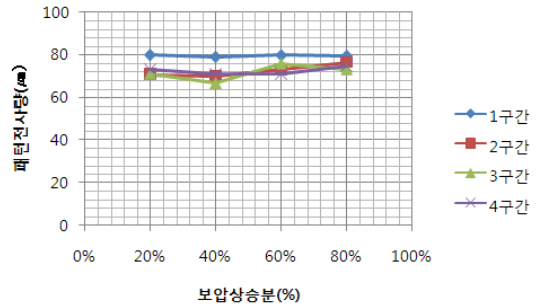


Fig. 8 Variations of micro patterns according to pressure conditions

Fig. 8은 구간별 패턴 전사량을 나타내고 있다. 초기압력에 해당하는 1구간을 제외한 나머지 구간은 패턴 전사성에 큰 영향을 미치지 못하는 것으로 판단된다. Fig. 9는 성형된 미세패턴의 형상을 보여주고 있다.

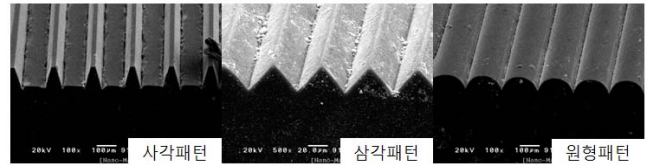


Fig. 9 Micro patterns according processing to injection molding

4. 결론

본 연구에서는 400mm×400mm 가지는 비교적 넓은 면적에 두께 1mm의 박판을 사출 성형하였다. 제품 성형을 진행하는 동안 미세패턴의 전사성과 보압에 따른 변화를 측정하였으며, 성형 중 발생하는 금형 내부의 압력을 측정하여 비교 분석 하였다. 또한 미세패턴의 영향을 미치는 보압 설정 구간에 대해 알아보았다. 이를 바탕으로 최적화된 공정 조건을 이끌어 내기 위해서는 실험적 연구와 제품 성형시 발생하는 내부의 압력을 다양하게 측정하여 미세패턴의 전사성과 비교 분석 하는 연구적 데이터 베이스 구축하고, 보다 다양한 데이터를 획득한다면, 대면적 제품에 대한 사출 성형 과정과 사출성형 기술에 보다 더 높은 토대가 마련 될 것이라고 생각한다.

후기

본 연구는 산업자원부 특정 연구개발 과제 사업으로 진행중인 대면적 미세형상의 초정밀/지능화 가공 원천 기술 개발 사업의 지원으로 이루어진 것입니다.

참고문헌

1. 유영은, 서영호, 제태진, 최두선, "미세패턴 사출성형 기술," 한국정밀공학회지, 22, 23~29, 2005.
2. 김준민, 전재후, 류민영, 황한섭, 이종원, 이상훈, "사출성형조건에 따른 캐비티의 압력 분포," 한국소성공학회 추계학술대회 논문집, 214~219, 2005.