

대면적 미세패턴 사출성형에서의 전사 특성 실험

김태훈¹·유영은²·제태진²·김창완²·박영우¹·최두선[#]

A study on the micro pattern replication properties of large area in injection molding

T. H. Kim, Y. E. Yoo, T. J. Je, C. W. Kim, Y. W. Park, D. S. Choi

Abstract

We injection molded a thin plate with micro prism patterns on its surface and investigated the fidelity of replication of the micro pattern depending on the process parameter such as mold temperature, injection rate or packing pressure. The size of the 90° prism pattern is 50 μ m and the size of the plate is 400mm X 400mm. The thickness is 1mm. The fidelity of the replication turned out quite different according to the process parameters and location of the patterns of the plate. We measured the cavity pressure and temperature in real-time during the molding to analyze the effect of the local melt pressure and temperature on the micro pattern replication.

Key Words : Injection Molding (사출성형), Micro Pattern (미세패턴), Prism Pattern (프리즘패턴), Replication (전사)

1. 서 론

정보화기술 (IT : Information Technology), 디지털 산업의 발전은 영상정보의 효율적 전달을 위한 디스플레이 산업에 큰 변화를 가져와 기존의 CRT 기반의 디스플레이 장치에서 휴대화, 대형화, 저 소비 전력화, 경량 및 박형화 등의 장점을 지닌 평판디스플레이(FPD : Flat Panel Display)로 급속하게 대체되고 있다.

LCD는 점차 대형화, 고휘도화 되고 있으며, 이와 병행하여 LCD BLU의 핵심 부품인 도광판의 크기는 커지고 두께는 감소되고 있으며, 표면에 미세패턴의 적용이 점차 증가하고 있다.

표면에 미세패턴이 균일하게 분포하는 박판을 성형 할 경우 금형의 Gate 위치, 크기, 두께와 수지의 온도, 금형온도, 사출속도 및 압력 등의 성형 공정조건 따라 성형품의 미성형 및 변형, 혹은 과도한 잔류 응력에 의한 기계적, 광학적 특성의

저하가 나타나게 되고, 박판성형의 특성상 용융수지가 금형에 충전되는 동안 표면으로부터 고화 진행되어 유동성이 급격히 저하되는 현상이 나타나게 된다. 또한 급격하게 저하된 유동성으로 인한 성형품의 표면에 형성 될 나노 및 마이크로 구조물의 전사를 어렵게 하는 문제점 등이 나타나게 된다. 따라서 대면적 미세 패턴 제품을 사출 제작하는 경우 금형 내부에서 발생하는 용융수지의 유동, 온도변화, 압력변화 등의 다양한 현상을 측정하고 그 영향을 규명하여 사출 성형 공정을 최적화 하는 것이 필요하다.

본 연구에서는 미세패턴이 존재하고 있는 400 mm X 400mm 면적과 1mm 두께를 가지고 제품을 사출 성형하고, 사출 성형시에 금형 Cavity 내부에 발생하는 온도와 압력을 위치별로 측정하여 유동수지의 흐름과 열 전달 현상을 분석하고, 금형 온도와 사출속도, 사출압력이 미세패턴의 전사성에 미치는 영향에 대해 측정 분석비교 하였다.

1. 충남대학교 메카트로닉스공학과
2. 한국기계연구원 나노공정장비연구센터
교신저자: 한국기계연구원 나노공정장비연구센터,
E-mail:choids@kimm.re.kr

2. 사출성형 실험 및 측정

2.1 사출성형 실험 장비

400mm X 400mm 면적과 1mm 두께를 가지고 제품 표면에 Pich 50 μ m, 90° 각의 Prism pattern 이 존재하는 제품의 성형을 위해 사출성형 금형을 제작하였다. Fig. 1은 사출 성형으로 얻어진 제품의 형상을 나타낸 것이며, Fig. 2는 제품 표면에 분포되어 있는 미세패턴의 형상과 미세패턴의 분포 구역을 나타낸 것이다. Fig. 3은 사출 성형시 사용하는 금형의 형상을 나타낸 것이며, 사출 성형을 위해서 사용한 사출 성형기는 Sumitomo사의 전동 사출기 SE550D을 사용하였다.



Fig. 1 Result product from injection molding

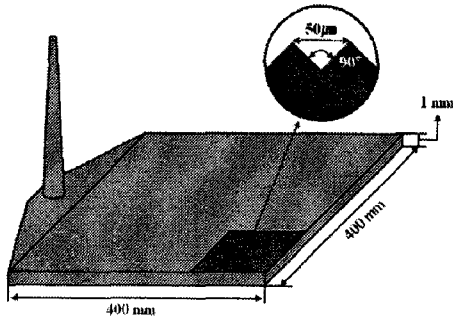


Fig. 2 Shape of Micro patterns

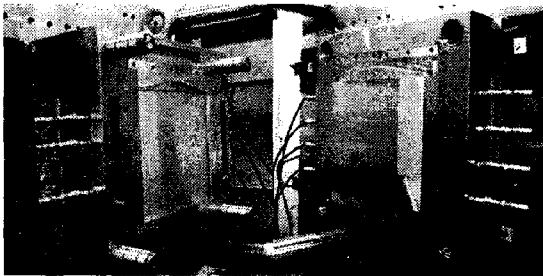


Fig. 3 400mm X 400mm Injection mold

2.1 온도와 압력측정 장비

사출 성형시에 발생하는 금형 Cavity 내부에서

의 용융 수지의 충전 중 변화되는 압력과 온도를 실시간으로 측정을 하였다. 이를 위하여 사용한 센서는 Kistler사의 사출 압력 및 온도 센서인 6190A를 사용하였다. 센서가 설치된 위치는 Fig. 4에 나타낸 바와 같이 금형 이동측의 Gate, Upper corner, Center, Bottom corner에 설치하였으며, Fig. 5는 센서의 형상을 나타낸 것이다.

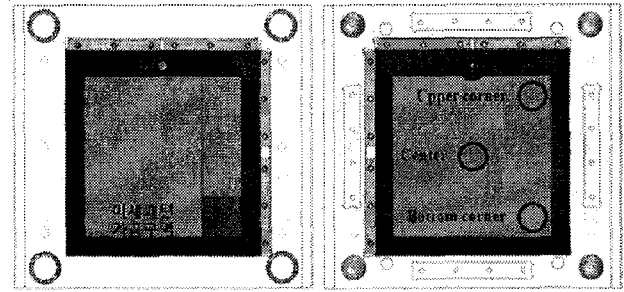


Fig. 4 Sensors in mold (moving part)

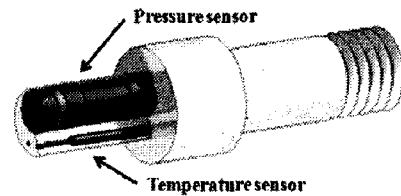


Fig. 5 Kistler 6190A P-T sensor

3. 사출성형 및 측정결과

사출 성형으로 제품을 성형하기 위하여 사용한 수지는 Asahi사의 Polymethyl methacrylate(PMMA) Grade 80N을 사용하였다. 미세패턴을 가지고 있는 제품 성형은 금형 온도와 사출속도, 사출압력에 따라 전사성의 차이를 보이게 된다. Table 1은 실험을 진행하는 동안 주어진 조건표를 나타낸 것이다. Table 1에서 나타낸 바와 같이 성형조건은 저속저압, 저속고압, 고속저압, 고속고압의 4단계로 나누어 실험을 하였으며, 금형 온도를 70℃로 고정하여 실험을 진행하였다. Table 1에 나타낸 성형조건 중에서 저속의 조건은 사출 성형기의 최대 속도에 50%로 고속의 조건은 최대속도의 100%로 설정을 하였으며, 저압의 조건은 Peak press의 20%로 고압의 조건은 Peak press의 70%로 설정하여 성형 실험을 진행하였다. Table 2는 각 조건별로 나타난 Peak press와 Filling Time을 나타낸 것이며, Fig. 6은 각 조건별로 성형된 미세패턴의 형상을

나타낸 것이다. 이때 성형조건에서의 Screw의 위치는 성형위치로 고정을 하였으며, 보압 시간 또한 고정하여 성형 실험을 진행하였다.

Table 1 Injection molding operational conditions

저속 저압	1	2.5	2.5	1.5	sec	6	15	26	38	56	mm
	366	320	330	350	kgf/c	60	65	65	60	55	mm/s
저속 고압	1	2.5	2.5	1.5	sec	6	15	26	38	56	mm
	1000	1100	1150	1250	kgf/c	60	65	65	60	55	mm/s
고속 저압	1	2.5	2.5	1.5	sec	6	15	26	38	56	mm
	30	320	330	350	kgf/c	110	125	130	115	100	mm/s
고속 고압	1	2.5	2.5	1.5	sec	6	15	26	38	56	mm
	1000	1100	1150	1250	kgf/c	100	125	130	1150	100	mm/s

Table 2 Peak press and Filling time

	Peak press.		Filling time.	
저속저압	1773	kgf/c	1.33	sec
저속고압	1748	kgf/c	1.38	sec
고속저압	1723	kgf/c	0.89	sec
고속고압	1728	kgf/c	0.82	sec

Table 2에서 보듯이 고속조건에서는 고압이 저압에 비하여 짧은 Filling time 가지게 되었다. 이는 성형실험 중에 체크되지 않은 메커니즘의 오류로 예상되며, 이에 따른 실험이 진행 중이다. 또한 Fig. 6의 결과를 보면 각 조건별로 미세패턴의 전사성이 확연히 구별 되지는 않으나, 저속조건 보다 고속조건의 미세패턴 전사성이 조금 나아진걸 볼 수가 있다. 위의 실험 또한 속도 및 압력별로 실험을 진행 중이다.

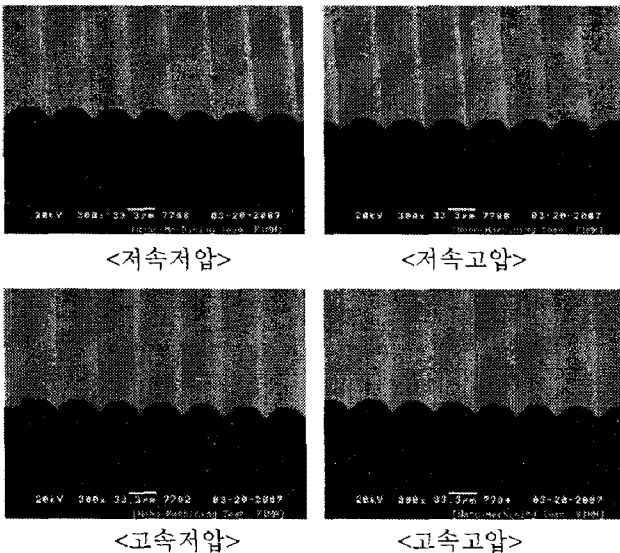


Fig. 6 Variations of micro patterns according to processing conditions

Fig. 8은 금형 내부에서 일어나는 유동수지의 온도를 측정한 그래프이며, 금형 Cavity 내부로 유입된 유동수지는 Gate 부분부터 Bottom corner까지 순차적으로 온도가 상승하기 시작한다. 4곳에 온도 중 Center의 온도가 가장 높게 올라갔으며, 4가지의 공정조건 모두 다 같은 곡선을 보인다. 이는 Center 부분을 통해 Bottom 부분까지 유동수지가 흘러 들어가는 것을 예측할 수 있다.

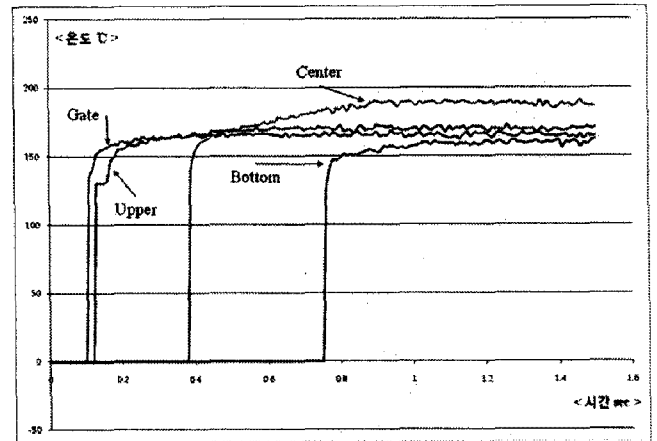


Fig. 8 Result of temperature distribution (A)

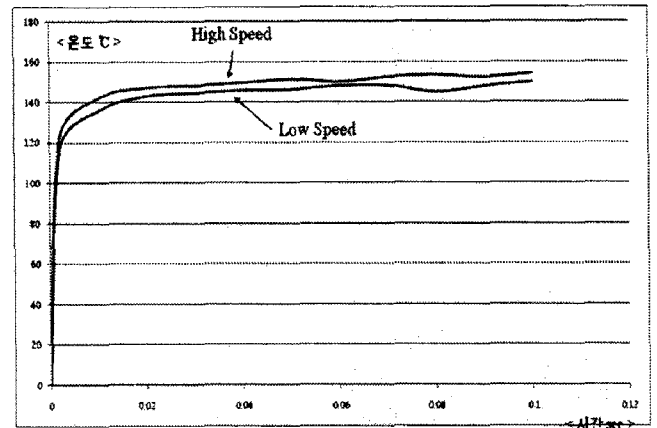


Fig. 9 Result of temperature distribution (B)

Fig. 9는 미세패턴이 존재하고 있는 Bottom Corner부분의 온도를 측정한 것이다. Fig. 9에서 보듯이 저속일 때 보다 고속일 때 온도 상승이 빠르게 진행되는 것을 볼 수 있다. 고속에서의 유동수지 온도가 저속일 때 보다 높은 이유는 유동수지가 사출 속도로 인하여 금형 Cavity 내부로 빠르게 유입되면서 냉각속도가 저속에 비해 더 지연이 되는 것으로 판단이 되며, 또한 Shear heating이 발생하는 것으로 판단이 된다.

Fig. 10은 앞에서 실험한 4가지의 조건의 압력중

미세패턴이 존재하는 Bottom corner 부분의 압력을 측정 한 것이다. Fig.11에서 보듯이 고속저압이 고속고압일 때 보다 압력이 더 높게 올라간 것을 볼 수가 있다. 이는 고속으로 흘러 들어가는 유동수지가 금형 Cavity 내부를 먼저 채워 저 성형이 되어 보압 전환 위치까지 도달하지 못하고 압력이 가해지는 것으로 예측할 수 있고, 또한 금형 내부의 압력을 측정하기전 센선부의 마운팅으로 인한 예압이 발생하여 측정범위의 오차가 발생하였다고 예측할 수 있다. 하지만 예압이 있는 경우라도 압력 상승분에 대해서는 그대로 보여준다.

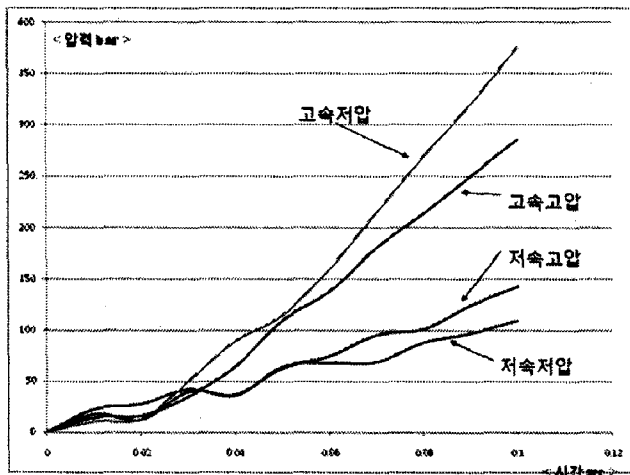


Fig. 10 Result of Pressure distribution (A)

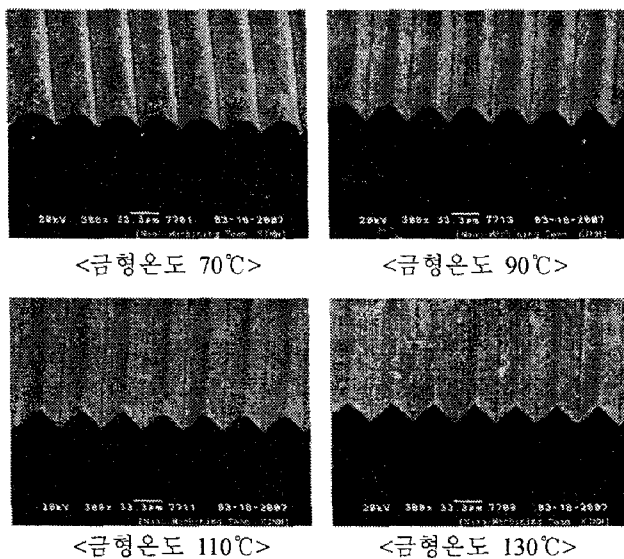


Fig. 11 Micro patterns according processing to mold temperature

금형 온도가 미세패턴의 전사성에 대한 상관성을 알아보기 위하여 금형의 온도를 조절하여 성형 하였다. 금형 설정 온도는 70℃, 90℃, 110℃,

130℃의 4단계로 나누어 성형 실험을 하여 미세패턴의 전사성을 알아 보았고, 실험시 성형조건은 Table 1의 조건표 중에서 고속고압의 조건으로 사출 성형 실험 진행하였다. Fig. 12에서 나타낸 바와 같이 사출속도와 사출압력과 맞물려 금형 온도가 상승함에 따라 미세패턴의 전사성이 향상 되는 것을 확인 할 수 있었다.

4. 결론

본 연구에서는 미세패턴을 가지고 있는 400mm X 400mm의 제품 성형을 진행하는 동안 미세패턴의 전사성을 알아보기 위하여 속도와 압력 조정하고 금형 온도에 차이를 두고 실험을 진행 하였으며, 금형 Cavity 내부에서의 발생하는 압력과 온도를 측정하여 하였다. 이를 바탕으로 최적화된 공정조건을 이끌어 내기 위해서는 실험적 연구와 압력 및 온도 분포에 대한 데이터를 분석이 진행된다면 미세패턴을 가지고 있는 대면적 제품에 대한 사출 성형 과정을 이해하는데 큰 도움이 될 것이라고 생각한다. 또한 연구적 실험 데이터 베이스를 구축하고 보다 다양한 데이터를 획득한다면, 사출 성형 기술에 보다 더 낮은 토대가 마련될 것으로 생각한다.

후 기

본 연구는 산업자원부 특정연구 개발과제 사업으로 진행중인 대면적 미세형상의 초정밀/지능화 가공 원천 기술 개발 사업의 지원으로 이루어진 것입니다.

참 고 문 헌

- [1] 유영은, 서영호, 제태진, 최두선, 2005, 미세패턴 사출성형 기술, 한국정밀공학회지, Vol. 22, No. 2, pp. 23~29.
- [2] 김준민, 전재후, 류민영, 황한섭, 이종원, 이상훈, 2005, 사출성형조건에 따른 캐비티의 압력 분포, 한국소성공학회 추계학술대회 논문집, pp. 214~219.
- [3] 황은주, 유영은, 제태진, 최두선, 2005, 미세패턴을 가진 박판 사출 성형에서의 금형내 압력 측정 및 분석, 한국정밀공학회 춘계학술대회 논문집, pp 1601~1604