

사출금형에서의 금형온도 및 미세패턴 균일성에 관한 연구

Study on the Micro Pattern Replication and the mold Temperature in Injection Molding

*서지열¹, 박덕수², 박시환³, 유영은¹, 김선경², 제대진¹, 최두선¹,

*J.W.Seo¹, D.S.Park², S.H.Park³, Y.E.Yook¹, S.K.Kim², T.J.Je¹, D.S.Choi(choids@kimm.re.kr)¹

¹ 한국기계연구원 나노기계연구본부, ² 서울산업대학교 금형설계학과, ³ 서울대학교 기계항공공학부

Key words : micro surface pattern(미세형상구조물), injection molding(사출성형), replication(전사)

1. 서론

최근 다양한 정보를 볼 수 있도록 화면으로 구현해주는 디스플레이 장치와 연관된 여러 응용 기술은 세계적으로 정보 통신시대의 핵심 산업이고 국가의 산업 경쟁력을 강화 시킬 수 있으며, 현 우리나라는 디스플레이 산업이 세계 1위의 위상을 가지고 있다. 향 후 몇 년간은 우리 산업에 핵심기술이 될 것이다.. 이런 고부가 가치의 디스플레이부품들은 점차 대형화, 경량화, 고휘도화 되고 있다. 또 그 크기는 커지고 두께는 감소되고 있으며, 표면에 미세패턴의 적용이 점차 증가하고 있다. 디스플레이 부품들은 경제성을 갖추기 위해 대량생산에 적합한 사출성형으로 만들어 진다.[1].

미세패턴이 존재하는 박판을 성형 할 경우 금형의 Gate 위치, 크기, 수지의 온도, 금형온도, 사출속도, 압력 등의 성형 공정조건 따라 성형품의 미세형 및 변형, 혹은 과도한 잔류 응력에 의한 기계적, 광학적 특성의 저하가 나타나게 된다. 따라서 대면적 미세 패턴 성형품을 사출 제작하는 경우 금형 내부의 용융수지 유동, 온도변화, 압력변화 등의 다양한 현상을 측정하고 그 영향을 규명하여 사출 성형 공정을 최적화 하는 것이 필요하다[2].

본 연구에서는 미세표면 구조물이 존재하는 400mm x 400mm 면적과 두께 2mm를 가지는 제품을 금형의 상측과 하측의 온도조절기 온도 편차를 주어 대면적 제품의 위치에 따른 균일한 패턴 전사성을 얻기 위하여 금형 내의 온도를 실시간으로 측정하여 미세 패턴의 성형을 비교 분석 하였다.

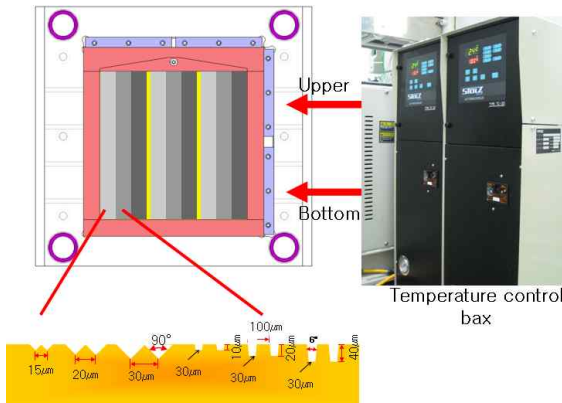


Fig. 1 Dimensions of micro patterns and the pattern set on the core

2. 성형품의 형상과 연구 방법

본 연구에서 진행하게 될 400mm x 400mm 크기에 두께 2mm를 가지고 2가지 형상에 각각 3가지 size의 미세형상구조물이 분포되어 있는 평판을 사출 성형 하기 위하여 사출성형 금형을 제작 하였다. 실험에 사용한 수지는 Asahi사의 PMMA Grade 80NH를 사용 하였으며, 사출성형을 위해 최대 형체력 550t, 전동식 사출/압축성형기(Sumitomo사의 SE550D)를 사용하였다. Fig 1은 제품의 형상과 미세패턴이 분포되어 있는 위치, 그리고 미세패턴의 형상, 온도조절기를 나타낸 것이고, Fig 2는 사출 성형시 금형내의 압력, 온도를 실시간 측정하기 위한 키슬러의 압력/온도 겸용센서

의 형상 및 위치(A, B, C)를 나타낸 것이다. Table 1, Fig. 1 에서 보듯이 금형 온도 조절기의 설정온도를 상단(Upper)과 하단(Bottom)으로 나누어 설정 하였다. 이런 2가지의 설정온도를 통해서 제품의 상단(A) 중단(B) 하단(C)에 있는 미세패턴 영역에 가해지는 온도 압력 등을 측정하여 이런 성형 요소들이 미세형상 구조물의 전사성에 어떻게 영향을 미치며, 또 2개의 온도 조절기의 온도 설정에 따른 금형의 상단과 하단에 차이로 패턴의 균일성을 알 수 있다. 그 밖에 사출 속도는 130mm/s로 사출성형기의 최고 성질 속도를 금형 온도에 상관없이 동일하게 설정하였으며 보압, 시간 및 스크루의 위치 그리고 수지 가소화 온도 역시

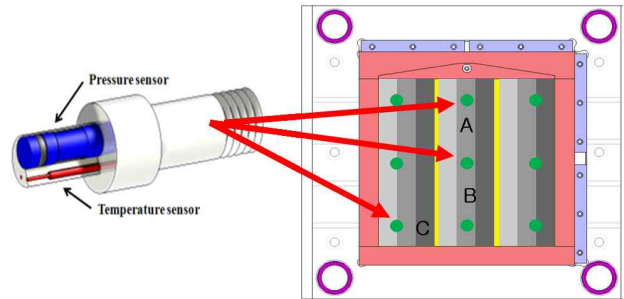


Fig. 2 Locations of the pressure and temperature Sensors

Table 1 Injection operational conditions

온도조절기	1	상단	90	냉각시간	150sec
		하단	120	금형온도	70~130℃
	2	상단	120	냉각시간	320sec
		하단	130	금형온도	104~113℃
가소화온도		240~270℃			
보압		3sec동안 700kgf/c			

사출속도 제어					
5	4	3	2	1	구간
25	30	37	45	70	mm
130	130	130	130	130	mm/s

같은 조건을 주었다. 성형품은 각각의 공정 당 30회를 성형한 후 30번째에서 35번째의 제품까지의 Peak press 와 Filling gime를 체크하였으며, 제품의 상단(A), 중단(B), 하단(C)부의 미세패턴을 측정 비교 하였다.

3. 실험 결과 및 고찰

스크루에서 240~270.℃로 용융된 수지는 낮은 금형 온도 (70~90℃)일 때 주입된 수지는 금형 내에 흐르는 동안 고화는 계속 진행되며, 고화의 진행 정도에 따라 미세 형상 구조물의 차이가 난다. 이런 유동수지의 특성에 의하여 제품을 상단, 중단, 하단을 비교하였다.

일반적으로 대면적 사출의 경우 이전 실험을 통해 게이트 부분부터 제품 상단까지 패턴성형은 잘되나 하단 부분은 고화가 일찍 시작 되므로 성형 및 패턴 전사성이 현저히 떨어진다. 실제 금형온도를 130℃로 높게 사출을 하게 되면 전사성은 상승하나 높은 온도의 수축과 제품의 휨으로 성형불량을 일으키며 오랜

시간 냉각을 시켜야 하는 단점이 있다.

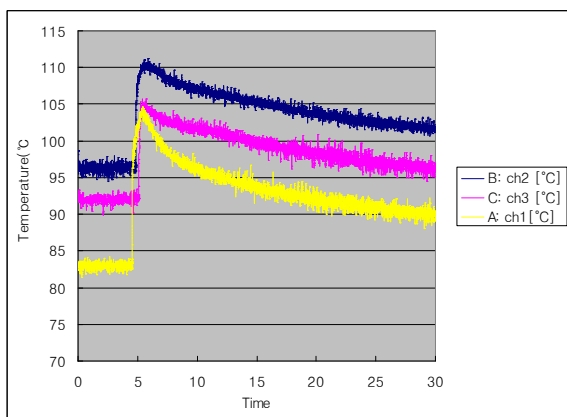
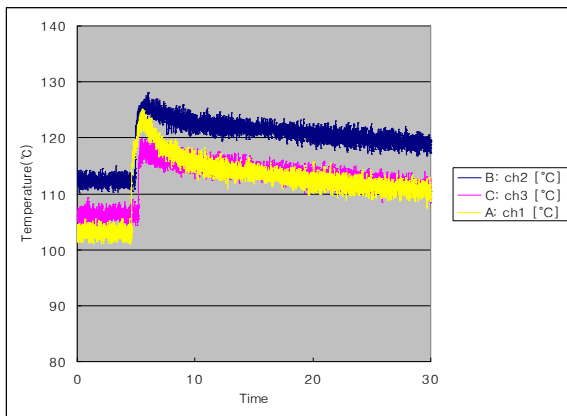
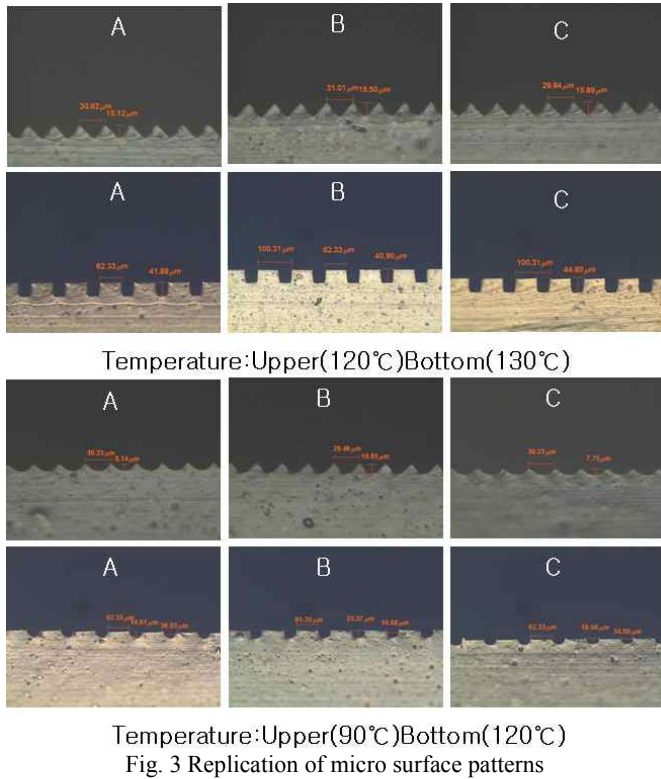


Fig. 4 Result of temperature distribution

본 실험은 온도 조절기의 상단과 하단의 온도의 균일성을 얻기 위해 상측과 하측을 온도조절기의 온도 편차를 주었다. 성형 시 게이트에서 충전되는 상측은 온도가 높고 하측에서

고화가 먼저 일어나기 때문에 하측의 온도를 120~130°C로 높게 설정을 하였다. Fig.3에서의 온도 조절기를 상측90°C와 하측120°C를 설정함으로써 서로 균일한 패턴을 가진 것을 알 수 있다. 그러나 (A)40%, (B)50%의 전사성을 같지만 (C)는30%정도로 전사성이 떨어진다는 것을 알 수 있다. Fig.4는 Data Flow라는 프로그램으로 실시간으로 금형안의 온도를 측정 하였다. Fig.4 그래프에서 보면 상단(A)부분과 하단(C)부분이 고화가 진행되는 온도 분포는 6~7°C정도 차이를 알 수 있으며 그만큼 성형되면서 온도 차이로 패턴이 균일 하지 못한 것이다. 다음은 성형이 잘되는 온도에서 온도조절기의 상측은 120°C 하측은 130°C의 적은 편차를 주어 실험 한 것은 (A),(B),(C) 모두 균일한 것을 알 수가 있고, 그래프에서 볼 수 있듯이 (A)와(C)는 균일한 곡선을 가지고 있으며 패턴 중단부분의 온도가 가장 높은 것을 알 수 있다. 이것은 금형의 위치특성상 가운데 온도가 집중된다는 것을 알 수 있으며, 온도 조절기의 온도는 각 120,130°C 이지만 실제 금형의 온도는 105~113°C 정도로 대면적 전체 금형온도 편차는 5~7°C정도 밖에 차이가 나지 않는 균일한 미세패턴을 성형 할 수 있는 것이다.

4. 결론

본 연구에서는 미세패턴이 존재하는 400mm x 400mm, 2mm두께의 제품 성형을 가지고 연구를 진행하였다. 이 성형품 내에서도 특히 상단과 중단 하단의 미세패턴의 균일한 성형성을 확인하기 위하여 금형 온도조절기를 2대를 이용하여 설정온도를 상단과 하단으로 나누어 온도에 편차를 주어 성형하였으며 상단과 하단의 균일한 미세패턴을 성형 할 수 있었으며, 온도가 높을수록 충전률이 증가 하였다. 단 온도 조절기의 편차를 많이 주게 되면 오히려 상단과 하단의 차이가 더 커져 성형성이 불균일하게 되며 대면적 금형에서는 패턴의 균일성이 가장 중요한 만큼 온도 제어 또한 어려우며 상황에 맞는 적절한 온도 조절을 통하여 균일한 전사성을 얻을 수 있다.

후기

본 연구는 지식경제부의 전략 기술개발 사업으로 진행 중인 대면적 미세 가공 시스템 기술 개발 과제의 지원으로 수행되었습니다. 관계자의 노고에 감사드립니다.

참고문헌

1. 김강희,여운동,황기용 “디스플레이산업 : FPD 기술 및 시장 비교분석” 한국과학기술정보연구원 [편], 2004
2. 황은주,유영은, 제태진, 최두선, “미세패턴을 가진 박판 사출 성형에서의 금형내 압력 측정 및 분석” 한국정밀고학회지, Vol. 22, No. 2 pp, 22~29, 2005.
3. 김창완,유영은,권기환, 제태진,최두선, “금형 온도에 의한 미세 패턴 성형 특성에 관한 연구” 한국정밀공학회 춘계학술대회 논문집, pp251~252, 2008.
4. 김태훈,유영은, 제태진, 김창완, 박영우, 최두선, “대면적 미세 패턴 사출성형에서의 전사 특성 실험” 한국소성가공학회 춘계학술대회 논문집, pp.205~208, 2007.