

사출 성형에 의한 소수성 플라스틱 기판 제작

유영은[†]·이관희^{**}·윤재성^{*}·최두선^{*}·김선경^{**}

Injection Molding of Hydrophobic Plastic Plates

Y.-E. Yoo, K.H. Lee, J.S. Yoon, D.-S. Choi, S.K. Kim

Key Words: Injectin molding(사출성형), high aspect ratio(고형상비), nano pillar(나노 돌기), hydrophobic(소수성)

Abstract

Hydrophobic plastic plates employing nano surface features are injection molded using thermoplastic materials. A variotherm molding process is devised for filling the nano pores and releasing the molded nano features from the master. The size of the molded nano surface features are about 100nm in diameter and 200nm in height. The size of the molded plate is about 30mm x 30mm and the thickness is 1mm. As molding materials, Polypropylene, PMMA, COC and PC are employed, which are all typical commodity thermoplastic materials. The mold temperature(stamper temperature) is investigated as a major processing parameter for molding high aspect ratio nano surface features. Almost fully molded nano features are fabricated above a certain level of mold temperature depends on the employing material. The contact angles on the injection molded plates are measured to estimate the hydrophobicity and found to have higher contact angle up to 180% compared to the blank plate with no surface features

1. 서 론

연꽃 잎의 자기 세정 효과가 표면에 무수히 많이 형성되어 있는 나노 및 마이크로 크기의 미세한 돌기에 의한 표면의 초소수 특성에 의한 것임이 널리 알려지며[1,2], 다양한 제품의 표면에 이러한 미세 돌기를 응용하고자 하는 연구가 활발히 진행되고 있다[3,4]. 이러한 나노 및 마이크로 표면 구조물을 이용한 소수성 표면 구현을 위한 공학적 연구는 적용 대상 제품의 특성 및 생산 공정에 따라 다양한 방법으로 진행되고 있다. 소

수성이 표면이 필요한 외관 제품의 많은 경우 제품의 성능, 원가 및 생산성 등을 고려하여 플라스틱 소재 및 사출 성형 공정의 적용 비율이 매우 높다. 따라서 표면에 나노 및 마이크로 크기의 표면 구조물이 형성되어 있는 플라스틱 제품의 사출 성형이 가능하다면 자기 세정 기능이 부여된 플라스틱 제품의 대량 생산이 가능할 것으로 보인다.

본 연구에서는 나노 구조물이 응용된 플라스틱 기판의 제작을 위한 고형상비의 나노 표면 구조물의 충진이 이형 특성이 개선된 사출 성형 공정 개발을 위한 연구를 수행하였으며, 이를 통해서 제작된 플라스틱 기판의 표면 특성을 물을 이용한 접촉각 측정을 통해서 평가 하였다.

2. 나노 패턴 형상 및 마스터

본 연구에서 적용된 표면 나노 구조물은 평균적으로 지름 100nm, 높이 200nm의 돌기 형상이

† 한국기계연구원 나노기계연구본부
E-mail : yeyoo@kimm.re.kr
TEL : (042)868-7883 FAX : (042)868-7149

* 한국기계연구원 나노기계연구본부

** 서울산업대학교 금형설계학과

며, 외부에서 제작된 AAO(Anodic Aluminum Oxidation) 및 interference lithography에 의해 제작된 표면 구조물의 성형 마스터 및 스탬퍼를 이용하였다. 알루미늄을 양극 산화시키는 과정에서 형성되는 나노 포어를 구조물 마스터로 이용하는 AAO는 강원대학교에서 제작된 AAO 기판을 사용하였으며(Fig. 1), 정형 배열을 가진 나노 돌기 형상의 구조물은 interference lithography 공정에 의해 제작된 것으로 추정되는 플라스틱 기판이용 스탬퍼를 제작 사용하였다.

3. 소수성 표면 기판 성형

사출 성형 공정은 뜨거운 용융 수지를 비교적 차가운 금형 내에 주입한 후 냉각 고화시켜 원하는 형태의 제품을 생산하는 과정으로 이루어진다. 이때 금형 내에 주입된 용융 수지는 차가운 금형 표면과 접촉하는 순간부터 급속한 냉각이 이루어지게 되는데, 이러한 특성은 표면에 형성되는 나노 구조물의 성형을 매우 어렵게 하는 요인이 된다. 따라서 보다 높은 금형 온도의 적용, 용융 수지 온도 증가, 성형 속도 증가 등을 통해서 표면에서의 수지 냉각 고화에 의한 성형성 저하를 방지하는 것이 매우 중요하다. 이러한 여러 공정 변수 중 형상비가 큰 나노 구조물의 성형을 위해서는 높은 온도의 금형 적용이 필요하나 이러한 경우 성형된 구조물의 심각한 기계적 강도 저하로 인해 이형 과정에서 변형 혹은 파손 등이 발생하게 되어 정상적인 성형이 매우 어렵게 된다(Fig. 2). 이러한 문제를 해결하기 위해서 본 연구에서는 표면 구조물의 성형을 위해 성형 마스터로 사용되는 니켈 스탬퍼의 전기 저항체로 이용하여 가열하는 공정을 구현하여 비교적 빠른 시간에 충전 및 이형이 가능하도록 하였다(Fig. 3). 제안된 성형 공정을 이용하여 COC 및 PMMA와 같은 대표적인 광학 제품용 열가소성 수지를 이용하여 나노 표면 구조물이 응용된 사출 성형 기판을 사출 성형을 통해 제작하였으며, 이때 스탬퍼 온도에 따른 표면 나노 구조물의 성형 특성 및 이에 의한 표면 특성 변화를 접촉각 측정 및 SEM 측정에 의해 비교 분석하였다.

성형된 나노 기판의 크기는 30mm x 30mm이었으며, 적용된 스탬퍼의 온도는 COC의 경우 최고

140°C, PMMA의 경우 최고 180°C를 적용하여 성형 실험을 수행하였다.

성형을 통해 제작된 기판에 대해서 DI water를 이용하여 접촉각을 측정하였으며, 다른 온도에서 성형된 기판에 대한 접촉각 변화를 분석하였고 SEM을 이용하여 측정된 표면 구조물과 비교하였다.

4. 결과 및 토론

각 소재에 대해서 서로 다른 온도에서 성형된 기판의 표면 구조물의 SEM 측정 결과를 그림에 나타내었다(Fig. 4 - 5). 그림에서 알 수 있듯이 적절한 스탬퍼 온도에서 고평상비의 나노 구조물이 성형되어 있음을 알 수 있으며, 성형된 패턴의 성형 후 이형이 가능함을 알 수 있었다. 각 기판에 대한 접촉각 측정 결과를 그림에 나타내었으며 표면에 나노 구조물이 잘 형성된 경우 135° 이상의 접촉각이 측정되어 70° 정도의 접촉각을 나타내는 구조물이 없는 평평한 기판과 비교할 때 소수 특성이 매우 향상되었음을 확인할 수 있었다.

4. 결론

소수성 표면 구현을 위한 고평상비 나노 구조물의 성형을 위한 사출 성형 공정 기술을 개발하였으며, 이를 적용하여 나노 구조물이 응용된 플라스틱 기판을 제작한 후 표면에서의 접촉각을 측정, 표면의 소수성(접촉각 기준 : ~ 70° -> > 130°)이 크게 증가 하였음을 확인하였다(Fig. 6). 고평상비 나노 표면 구조물의 성형 공정에서 스탬퍼 온도 영향을 확인하였으며, 적용된 가변 온도 금형이 고평상비 나노 구조물의 충전 및 이형 과정 모두 효과적임을 확인하였다.

후 기

본 연구는 교육과학기술부가 주관하는 "21세기 프론티어 연구개발사업의 일환인 나노메카트로닉스기술개발사업단의 연구비 지원(08k1401-00530)"에 의해 수행되었습니다.

참고문헌

- (1) W. Barthlott., 1997, "Purity of the sacred lotus, or escape from contamination in biological surfaces," *Neinhuis*, *Planta* Vol. 202, pp.1~8.
- (2) W. BARTHLOTT., 1997, "Characterization and distribution of water-repellent, self cleaning plant surfaces," *Neinhuis*, *Annals of Botany* 79, pp. 667~677. 1997.
- (3) C. Henoeh, T. N. Krupenkin, P. Kolodner, J. A. Taylor, M. S. Hodes, A. M. Lyons, C. Peguero and K. Breuer : 3rd AIAA Flow Control Conference, 2006, AIAA 2006-3192
- (4) K, Kim and C. J. Kim : Proceedings of the IEEE Conerence on MEMS, Las Vegas, NV, Jan. 2002, pp. 479-482.
- (5) 권종태, 신흥규, 서영호, 김병희, :양극산화공정을 이용한 고세장비의 폴리머 마스터 제작“, 한국소성가공학회 2008년도 춘계학술대회 논문집. 2008
- (6) 유영은, 최성주, 김선경, 최두선, 황경현, “스탬퍼 가열/냉각을 이용한 고세장비 나노 구조물 성형”, 한국소성가공학회지, 제 16권, 제 1호, 2007, pp. 20~24.

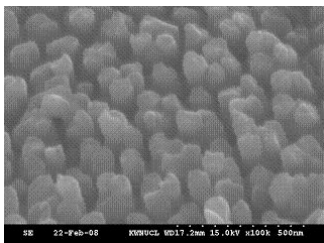


Fig. 1 An image of the surface structures on the stamper for molding of high aspect ratio surface nano structures[5]

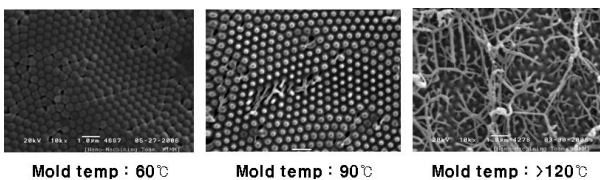


Fig. 2 Molding results at different mold temperatures employing conventional injection molding process

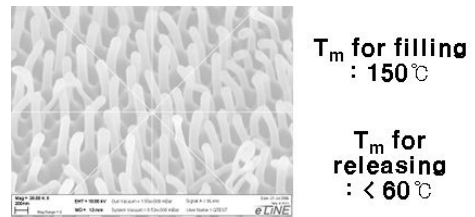


Fig. 3 High aspect ratio surface nano structures molded by employing variotherm process[6]

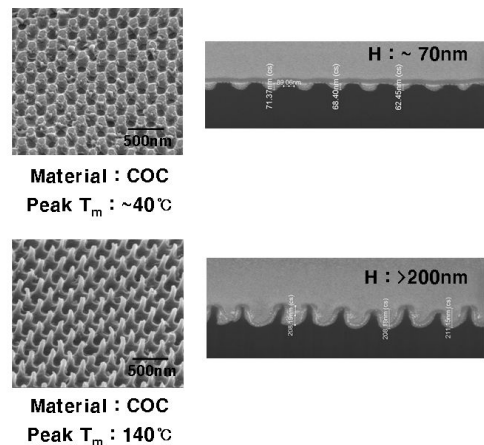
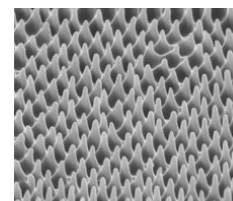
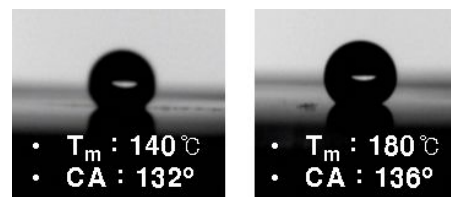


Fig. 4 Injection molded COC nano structures at different mold temperatures



Material : PMMA
Peak T_m : 180 °C

Fig. 5 Injection molded PMMA nano surface structures(mold temp. = 180°C)



For COC
(bare plate : ~ 70°)

Fig. 6 Contact angles on nano structured surface of the COC plate injection molded