

고형상비 나노 구조물 성형 및 표면 특성에 관한 연구

A study on the high aspect ratio of nano features injection molding and surface characteristic

*김태훈¹, #유영은¹, 최두선¹

*T. H. Kim¹, #Y. E. Yoo(yeyoo@kimm.re.kr)¹, D. S. Choi¹

¹ 한국기계연구원 나노기계연구본부

Key words : High aspect ratio, Contact angle, Surface characteristic, Nano hair, Injection molding

1. 서론

최근 정보기술(IT)산업의 발달과 더불어 나노기술(NT)에 대한 관심이 증가하고 있다. 다양한 응용분야에서 나노 스케일의 패턴 복제 및 성형기술에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 또한 평면 방향으로의 수십 혹은 수백 나노의 크기를 가지며, 수직 방향으로 수 마이크로 혹은 수십 마이크로의 크기를 가지는 고형상비 나노 구조물의 제작 및 응용에 대한 관심이 높아지고 있으며, 이러한 나노 구조물은 최근 초소수성 표면의 구현이나, 건식·점착시스템 등 여러 분야에서의 응용이 가능한 것으로 알려져 있다. 이외에도 새로운 응용 제품 개발에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 폴리머를 이용한 복제 기술 중 나노 사출 성형은 나노 스케일의 구조물의 고정도 및 저가의 양산 방법으로 주목 받고 있다. 하지만, 나노 스케일의 구조물을 사출 성형으로 적용하여 생산할 때, 용융 수지와 금형의 온도 차이로 인한 충전 단계에서의 수지 냉각 및 고화로 표면에 존재하는 나노 구조물의 충전 및 성형성이 저하되며, 특히 고형상비 나노 구조물의 성형성은 더욱 더 저하되게 된다. 나노 스케일의 구조물의 성형성을 향상시키기 위해서는 성형과정에서의 고화현상을 지연 시키는 것이 중요하며, 금형 온도를 이용한 성형이 매우 중요하다.

본 연구에서는 사출 성형시 널리 사용되고 있는 소재인 열가소성 수지를 이용하여 금형온도의 조건을 변화시켜 고형상비 나노 스케일의 구조물을 사출 성형하고, 제품 표면에서 성형되는 구조물의 성형성을 측정하여, 성형된 구조물의 대한 표면 특성을 알아 보았다.

2. 성형 장비 및 실험

2-1. 성형장비

나노 스케일의 구조물을 사출 성형하기 위해서는 구조물이 형성되어 있는 마스터가 필요로 하며, 사용한 마스터는 Whatman사에서 필터용으로 제조 판매하고 있는 Anopre를 사용하였다. 또한 마스터를 삽입하여 사출 성형 할 수 있는 금형을 제작하였으며, 금형은 오일라인과 세라믹 히터를 사용할 수 있는 금형으로 설계·제작 하였다. 이러한 마스터와 금형을 이용하여 시편 성형 실험에 사용한 사출 성형기는 Sumitomo사의 형체력 50톤인 전동식 사출성형기(SE50D)를 사용하였다.



Fig. 1 AAO Master and injection product

Table 1 Some dimensions of AAO Master

Pore	200nm
Thickness	60µm
Diameter	25mm
No. of hole	~ 10 ⁹

Fig. 1은 나노 구조물이 형성되어 있는 마스터와 성형된 기판을 나타낸 것이며, Table 1은 마스터의 주요 특성을 나타낸 것이다. Fig. 2는 마스터를 이용하여 기판을 사출 성형 할 수 있게 제작된 금형을 나타낸 것이며, 기판을 성형하기 위해서 사용된 주 소재는 LG화학의 고유동성 사출용 수지인 SEETEC Poly Propylene(PP) Grade H1500을 사용하였다.

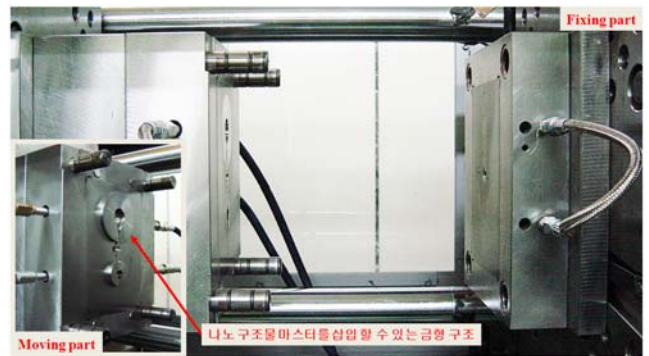


Fig. 2 Injection mold of AAO Master

2-2 성형실험

나노 스케일의 마스터를 이용하여 사출 성형으로 기판을 취출하기 위해서는 기판의 성형 조건이 필요하다. 성형 실험은 금형 설정온도 70℃부터 150℃까지 각각 10℃씩 차이를 두어 온도에 대한 조건을 부여하였으며, 각 온도 조건에 대하여 30번의 성형이 끝난 후 금형이 안정된 조건하에서 금형 캐비티에 마스터를 삽입하여 성형 후 기판을 취출 하였다. Table 3은 금형 설정온도와 금형이 안정된 조건하에서의 금형 캐비티 내부의 온도를 측정하여 나타낸 것이다. Table 4은 성형 조건과 성형 공정변수를 나타낸 것이다. 취출한 성형 기판으로 부터 기판 표면에 성형 되어 있는 나노 스케일의 구조물을 측정하기 위해서 Fig. 3에서 보듯이 KOH 용액을 이용하여 마스터를 부식시키고, 제거하여 미스터를 시편 표면에서 분리하였다.

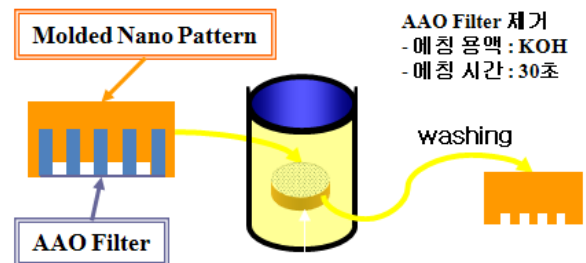


Fig. 3 Etching template with KOH

Table 3 Result of mold cavity temperature

설정온도	70	80	90	100	110	℃
실측온도	58.5	63.2	71.6	82.5	92.0	℃
설정온도	120	130	140	150	-	℃
실측온도	102.2	111.8	123.1	131.8	-	℃

Table 4 Injection molding operational and construction variable

성형조건			성형 공정변수			
2	1	구간	성형온도 (°C)	265	냉각시간 (sec)	20~60
7	8	mm	성형 피크압 (kgf/c)	52	성형소재 Tg(°C)	120
20	20	mm/s	충전시간 (sec)	0.14	-	-

3. 측정결과

앞에서의 성형 실험을 통해 취출한 시편 표면에 존재하는 나노 구조물을 측정하고, 구조물의 영향으로 인한 표면 특성을 측정해 보았다.

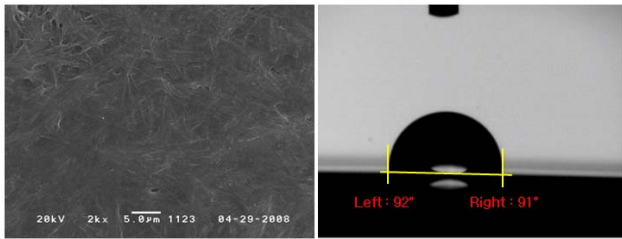


Fig. 4 Result of SEM and Contact Angle

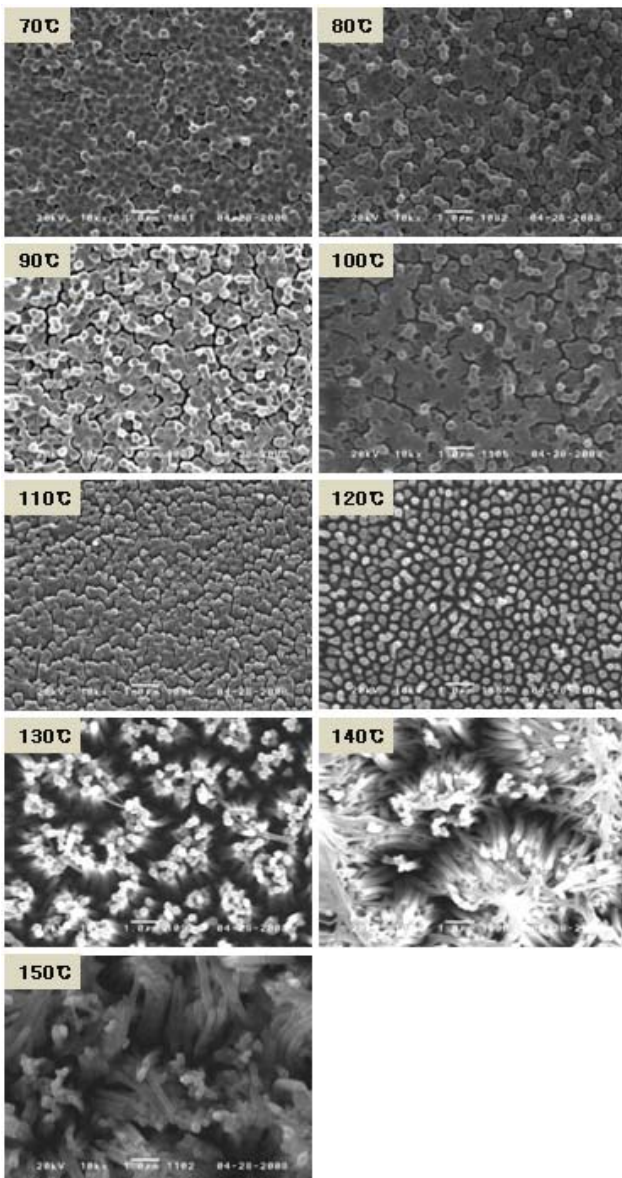


Fig. 5 Result of injection nano pattern from Mold temperature

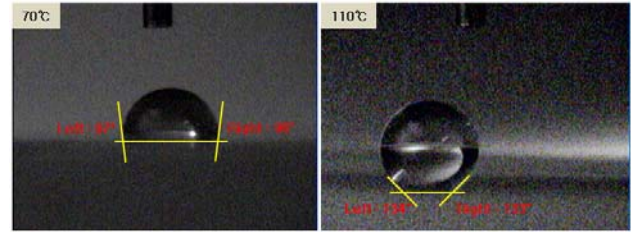


Fig. 6 Result of Contact Angle(mold temp. 70°C, 110°C)

Fig. 4는 나노 구조물이 성형되어 있는 기관과 나노 구조물이 성형되어 있는 기관의 표면 특성을 비교하기 위하여 구조물이 성형 되지 않은 기관의 표면 측정된 결과이다. 표면 특성을 비교하기 위하여 기관 위에 물방울을 접촉 시켜 각도를 측정할 수 있는 Contact Angle를 이용해 측정하였다. 측정된 결과를 살펴보면 구조물이 없는 기관 표면에 접촉시킨 물방울의 각도는 내각이 90°되는 범위에서 측정이 되는 것을 볼 수가 있었다. Fig. 5는 각각의 금형온도별로 성형된 나노 구조물을 측정된 결과이다. 측정된 결과에서 보듯이 온도별로 나노 구조물의 성형이 다르게 나타나는 것을 볼 수가 있었으며, 금형온도 120°C에서부터 나노 구조물이 성형되기 시작하며, 금형온도 130°C부터 나노 구조물이 대량으로 형성 되어 성형되는 것을 알 수가 있었다. Fig. 6에서는 각각의 성형된 나노 구조물이 존재하는 기관의 표면을 측정 결과이다. 측정된 결과를 살펴보면 금형온도 70°C에서 성형한 기관의 표면 내각은 오른쪽과 왼쪽 모두 95°가 넘는 범위를 보이고 있으며, 금형온도 110°C에서 성형한 기관의 표면 내각은 130°가 넘는 범위에서 측정이 되는 것을 볼 수가 있었다. 하지만, 나노 구조물이 성형되기 시작하는 금형온도 120°C부터는 물방울이 시편 표면에 접촉되지 않은 현상을 보였다.

4. 결론

본 연구에서는 열가소성 수지를 이용하여 고품상비 나노 스케일의 구조물을 성형하고, 기관 표면을 측정하여 나노 구조물이 가지는 특성을 알아보았다. 고품상비 나노 스케일의 구조물의 성형은 금형온도가 높을 때, 즉 사용 소재의 Tg점 부근 온도가 유지 및 그 이상일 때 성형이 시작되는 것을 알 수가 있었다. 또한 나노 구조물을 가지고 있는 기관의 표면 특성을 살펴보면, 성형되지 않은 기관의 표면은 친수성의 성질을 나타내지만, 구조물이 성형된 기관의 표면은 소수성의 성질을 나타내는 것을 알 수가 있었다. 이러한 고품상비 나노 구조물의 기초적인 실험을 통하여 나노 구조물을 가지고 있는 제품의 대량 생산과 연계 할 수 있는 기반을 마련하였으며, 향후 응용 제품 개발을 위해 나노 구조물의 금형 코어 스템퍼의 개발과 기계적인 이형 기술의 연구가 필요하다.

5. 후기

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

참고문헌

1. 강신일, "포토폴리머 활용 마이크로/나노 UV 성형," 기계저널, 47, 10, 47~52, 2007.
2. 유영은, 최성주, 김선경, 최두선, 황.경현, "스템퍼 가열/냉각을 이용한 고세장비 나노 구조물 성형," 한국소성가공학회지, 16, 20-24, 2007.
3. W. Barthlott, Neinhuis, Purity of the sacred lotus, or escape from contamination in biological surfaces, Planta Vol. 202, pp.1~8. 1997.
4. C.NEINHUIS, & W. BARTHLOTT, Characterization and distribution of water-repellent, self cleaning plant surfaces, Annals of Botany 79, pp. 667~677. 1997