

Blowing agent의 성분에 따른 발포 사출 특성 비교에 관한 연구 A Study on Injection Foaming Characteristics According to Blowing Agent

*서정환¹, #차성운²

*Jung-hwan Seo¹, #Sung W. Cha² (swcha@yonsei.ac.kr).

¹ 연세대학교 기계공학과, ² 연세대학교 기계공학부

Key words : Blowing Agent, Injection Molding, Microcellular foaming, Cell Morphology

1. 서론

고분자 성형에서 발포 기술은 재료비 절감 및 특성 부여와 같이 많은 장점을 지니고 있기 때문에 각광을 받고 있는 기술 중 하나이다. 그 중 화학발포는 상대적으로 그 발포 방법이 간편하고 추가 비용이 거의 들지 않기 때문에 많이 활용되고 있는 발포 기술 중 하나이다. 그러나 화학발포의 경우 주로 hybrid 사출기의 금형 개폐를 통하여 그 발포율을 조절하고 있으며 이로 인하여 제품의 성형 시 치수 안정성 등과 같은 문제가 발생할 수 있다. 따라서 이러한 문제들을 해결하기 위해서는 화학발포의 공정 연구 등 기초 데이터에 대한 확보와 이를 적용한 기술 개발이 필수적이라고 할 수 있다. 본 논문에서는 화학발포제를 이용한 발포 사출에서 화학 발포제의 종류에 따라 발포 패턴이 어떻게 변화하는가를 알아보기 위한 실험을 진행하고, 그 결과를 비교하도록 하였다. 비교 방법은 발포율의 비교를 통해 기포의 생성이 얼마나 되었는가를 비교하고, 단면을 잘라 광학 현미경을 이용하여 기포의 크기 및 개수를 비교하도록 하였다. 실험에서 사용된 화학 발포제는 유기 발포제와 무기 발포제의 두 가지를 사용하였으며, 발포제사용 이외의 모든 조건은 동일 조건이 되도록 유지하였다. 실험 결과를 통해 유기 발포제와 무기 발포제가 발포 플라스틱 제조에 미치는 영향을 비교 분석하도록 한다.

2. 실험

Table 1 Experimental Conditions

Resin	Screw	B/A	Mold	사출 조건	측정방법
ABS	28:1	유기	ASTM (굴곡)	사출 속도 계량량 냉각 시간	밀도 단면사진
		무기			

Table 1은 실험 조건의 개요를 나타낸 것이다. 실험에서는 ABS를 사용하였다. ABS는 발포 경향이 다른 수지에 비해 뚜렷하게 나타나며 따라서 각 조건 변화에 따라 달라지는 cell의 형상을 비교하기에 용이하다. 또한 발포율이 다른 수지에 비해 높은 편이기 때문에 cell의 분포를 확인하기 좋다는 장점이 있다. 사출에 사용된 스크류는 L/D가 28:1인 것을 사용하였다. 일반적으로 발포에 유리한 스크류는 L/D가 높은 것으로 알려져 있기 때문에 사출기에 L/D 28:1 스크류를 장착하고 실험하였다. 실험에 사용된 시편은 ASTM 금형을 통해 성형된 굴곡 시편을 사용하였다. 비교적 두께가 두껍기 때문에 단면 비교에 용이하다. 또한 사출시 발포를 위해 계량량을 조절하였으며, 계량량은 미성형이 약간 발생하는 정도로 조절하였다. 그 이유는 계량량이 일반 사출에서의 조건과 같게 되면 기포가 성장할 공간을 확보할 수 없기 때문이다. 또한 냉각시간은 기포가 충분히 성장할 수 있도록 금형 내에서 충분히 냉각된 이후에 시편을 취출하였다. 이를 통해 성형된 시편은 밀도 측정을 통해 발포율을 비교하고 단면을 잘라 광학현미경으로 단면을 촬영하여 기포의 크기 및 분포를 비교하도록 하였

다. 또한 실험에 사용된 발포제는 유기 발포제와 무기 발포제의 두 가지 경우로 나누어서 진행하였으며, 각 발포제는 수지의 무게 대비 약 3%를 첨가하여 발포된 시편을 비교하도록 하였다.

3. 결과

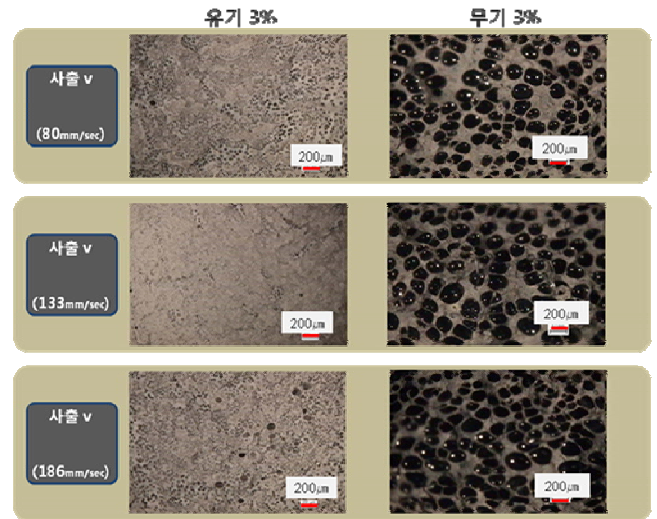


Fig. 1 Cross section of each samples

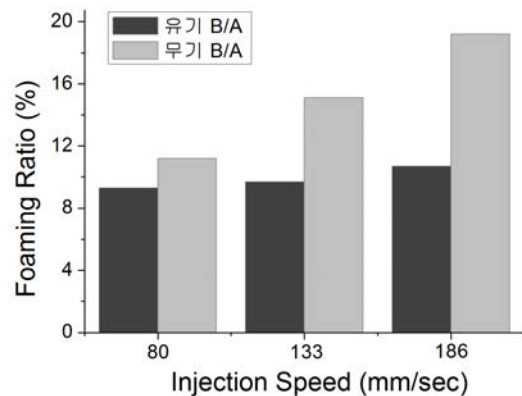


Fig. 2 Foaming Ratio of each samples

Fig. 1은 사출 속도를 변화시키면서 시편을 성형한 이후 성형된 시편의 단면을 잘라 광학 현미경으로 촬영한 것이다. 유기 발포제와 무기 발포제를 사용하였을 때 기포 형성에 어떠한 차이가 있는가를 비교할 수 있는 그림이다. 발포제를 제외한 모든 사출 조건과 수지 조건은 동일하였으며, 발포제의 함량은 3% 함량으로 동일하게 하였다. 또한 사출 속도에 따라 비교 결과가 달라질 수 있음을 고려하여 사출 속도는 3가지 조건으로 하여 실험을 진행하였다. Fig.1은 같은 배율(x100)에서 광학현미경을 사용하여 단면을 촬영한 그림을 비교한 것이다.

그림에서 확인할 수 있는 것은 기포의 크기가 확연하게 다르다는 것이다. 유기 발포제를 사용했을 경우, 기포의 크

기는 약 10 μm 내외로 매우 작게 형성이 되고 있는 것에 비해, 무기 발포제를 사용했을 경우에는 기포의 크기가 200 μm 내외로 비교적 크게 기포가 형성되는 것을 확인할 수 있었다. 또한 사출 속도가 증가함에 따라 생성되는 기포의 개수가 많아지는 것을 확인할 수 있는데, 이는 이전 연구 결과와 부합하는 결과이다.

4. 결론

유기 발포제와 무기 발포제가 발포에 미치는 영향을 알아보기 위한 실험을 수행한 결과 유기 발포제를 사용했을 때에 단면 기포 형상이 좋게 나오는 것을 확인할 수 있었다. 유기 발포제와 무기 발포제의 차이는 가스 발생온도에 있다. 즉, 유기 발포제의 경우 가스가 발생하는 온도의 범위가 좁아서 일정온도에 도달하게 되면 가스가 순간적으로 발생하게 되어 가스 발생을 위한 제어가 용이하다. 반면 무기 발포제는 유기 발포제보다 가격이 낮다는 장점이 있으나, 가스 발생 온도 범위가 넓어서 가스가 순간적으로 발생하지 못하고 손실되는 가스량이 발생할 수 있는 단점이 있다. 일반적으로 유기 발포제를 많이 사용하는 이유가 여기에 있다. 실험에서 사용한 유기 발포제는 ADAC 로 가장 널리 사용되는 유기 발포제이다. 유기 발포제와 무기 발포제의 발포 성능 차이를 알아보기 위해 실험의 모든 조건은 동일하게 하였다. 또한 발포에 유리한 L/D 가 큰 28:1 screw 를 장착하여 실험을 수행하였다. 결과적으로 ABS 기 준으로 유기 발포제를 사용했을 때에 기포의 크기는 약 20 μm 이하로 매우 작고 균일하게 분포한 반면, 무기 발포제를 사용했을 경우, 기포의 크기는 약 200 μm 내외로 비교적 크게 형성이 되는 것을 확인할 수 있었다. 그러나 발포율의 경우 발포 후 밀도는 유기 발포제를 사용했을 경우 0.95 g/cm^3 로 약 10% 정도의 발포율을 보인 반면 무기 발포제를 사용한 경우 최고 0.84 g/cm^3 까지 밀도가 낮아지는, 약 19% 정도의 발포율을 얻을 수 있다. 이는 기포의 크기가 크게 형성이 되어 기포가 차지하는 총 부피는 무기발포제를 사용했을 때에 더욱 많은 것으로 해석할 수 있다. 즉, 유기 발포제를 사용하게 되면 매우 작고 많은 기포를 형성할 수 있으나 전체적인 발포율은 무기 발포제를 사용했을 때에 높게 형성되는 것이라 할 수 있다. 기계적 강도를 유지하면서 발포를 하고자 한다면 무기발포제를 사용하기 보다는 유기 발포제를 사용하여 작고 많은 기포를 형성하는 것이 유리하다고 할 수 있다.

후기

본 연구는 ‘서울시 산학연 협력사업(11101)’ 의 지원으로 수행되었습니다. 이에 감사 드립니다.

참고문헌

1. Sung W. Cha, "A Microcellular Foaming/Forming Process Performed at Ambient Temperature and a Super Microcellular Foaming Process," Ph. D. Thesis in Mechanical Engineering, Massachusetts Institute of Technology, 1994.
2. Chul B. Park, "The Role of Polymer/Gas Solution in Continuous Processing of Microcellular Polymer," Ph. D. Thesis in Mechanical Engineering, Massachusetts Institute of Technology, 1993.
3. Chul B. Park, "Challenge to the Production of Low-Densith, Fine-Cell HDPE foam Using CO₂." Cellular Polymer, Vol.17, pp.310-324, 1998..
4. Chul B. Park, "Effect of The Die Geometry on Cell Nucleation of PS Foams Blown with CO₂." Blowing Agents and Foaming Process, pp.1-16, 2002.
5. Sehijpal Singh, H. S. Shan, Pradeep Kumar, "Parametric

Optimization of Magnetic-Field-Assisted Abrasive Flow Machining by The Taguchi Method," Quality and Reliability Engineering International, Vol.18, pp.273-283, 2002.

6. J. S. Colton., N. P. Suh., "The nucleation of microcellular thermoplastic foam with additives: Part I: Theoretical considerations," Polymer Engineering & Science, Vol.7, pp. 485-492, 1987.
7. J. S. Colton., N. P. Suh., "The nucleation of microcellular thermoplastic foam with additives: Part II: Experimental results and discussion," Polymer Engineering & Science, Vol.7, pp. 493-499, 1987.
8. Chris Rauwendaal, "Polymer Extrusion" 4th edition, Hanser, 2001.