

초 미세 발포 공정에서의 재료에 따른 잔류 가스 특성 Remaining Gas Characteristics of Microcellular Foaming Batch Process as a Variable of Polymer Materials

*조수현¹, #차성운², 오종석³

*S. H. Cho¹, #S. W. Cha (swcha@yonsei.ac.kr)², J. S. Oh³

¹연세대학교 기계공학과, ²연세대학교 기계공학부, ³홍익대학교 전자전기공학부

Key words : Microcellular Foaming Process, Gas Saturation, Desorption, Batch Process, Polymer Materials

1. Introduction & Background

Microcellular Foaming Process 라 불리는 초 미세 발포 공정은 고분자 재료 내부에 가스를 용해 시킨 뒤 가스의 용해도를 급격하게 낮추면서 생기는 열역학적 불안정 상태를 이용, 기포의 핵을 만들고 그 기포의 핵을 성장 시켜서 고분자 재료의 내부에 Cell 이라 불리는 직경 10 μm 이내의 기포를 10^9 cells/cm³ 이상 생성시키는 기술을 의미한다.

이산화탄소와 질소는 기존 화학발포에서 사용하는 CFCs (chlorofluorocarbon) 와 달리 환경 친화적인 가스로 초 미세 발포 공법의 장점 중의 하나이다. 고압에 고분자 재료가 놓이게 되면 고분자 내부와 외부 사이 기체의 농도 차이에 의해서 가스가 고분자 내부로 용해된다. 두 번째 단계는 초 미세 기포들의 핵 생성이다. 핵 생성은 압력을 낮추고 온도를 올리면 용해도가 낮아지면서 재료 내부에 열역학적 불안정성이 생기면서 핵이 생성된다. 세 번째 단계는 기포의 성장단계이다. 기포 성장 과정 에서는 가스가 용해된 고분자를 유리전이온도 이상으로 가열하면 고분자 재료의 저항력이 작아지고, 기포 내부와 외부의 압력 차와 표면장력이 균형을 이루면서 기포의 주변에서 기포 내부로 가스가 쉽게 확산되어 기포가 성장한다. [1]

본 연구에서는 Saturation 공정 이후 서로 다른 재료의 시편에서 나타나는 가스 용해량의 차이와 Foaming 공정 이후 시편 내부에 잔류하는 가스 용해량 분석을 통하여 재료 내부의 가스의 이동 및 잔류 특성에 대해 알아 보고자 한다.

본 연구에서의 실험은 공정 인자의 제어가 초 미세 발포 압출 성형이나 사출 성형에 비해 비교적 자유롭고 높은 재연성을 갖는 일괄처리 발포 공정 (Batch Process)을 이용해서 실험을 수행하였으며 공정의 개략도는 아래 Fig.1 에 나타내었다. [2]

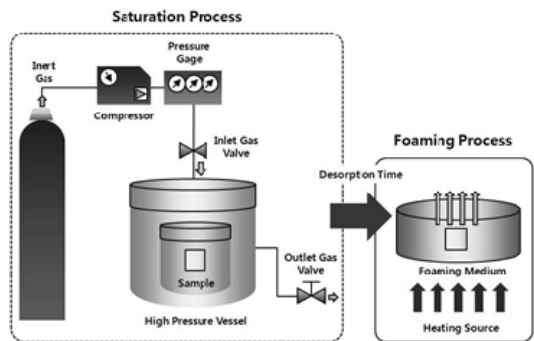


Fig.1 Schematic diagram of the Microcellular foaming batch process / Desorption time

2. Experiments

실험에 사용한 플라스틱 재료와 조건의 선정에 있어서, 일반적으로 활용이 많은 재료 위주로 선정했다. 범용 플라스틱으로 널리 쓰이는 Polypropylene (PP), Acrylonitrile Butadiene Styrene (ABS), Polyethylene Terephthalate (PET) 의 수지와 분류상 엔지니어링 플라스틱으로 분류되지만 비교적 저렴한 가격으로 사용량이 많은 Polycarbonate (PC) 를 추가하여 총 4 가지의 플라스틱 수지에 대해 실험을 수행했다. 범용 수지 위주로 선택한 것은 일반적으로 초 미세 발포 공정을 적용 했을 때 변화하는 특성을 보기 위함이다.

Table 1 Conditions of Microcellular Batch Process

Material	PC	PP	PET	ABS
Blowing Agent	CO ₂			
Sat. Pressure (MPa)	5.0			
Sat. Time (hrs)	24			
Foaming Temp.(°C)	120	110	100	90
Desorption Time (sec)	60			
Weight Gain After Foaming (sec)	180			

3. Result and Analysis

본 연구에서는 재료에 따른 Gas 잔류 특성을 알아보기 위해 초 미세 발포 공정에서 Foaming Process 이후 시편에 잔류한 가스의 양을 측정하였다. 재료에 따른 Foaming 온도는 사전 실험을 통하여 가장 높은 발포율을 갖는 발포 온도를 찾고 본 실험에 적용 하였다. 또한 Foaming 이후 잔류 가스의 양을 측정하기 까지 소요된 시간은 압력용기에서 가스의 압력을 제거한 뒤 3 분 후로 고정하였으며, 남은 가스의 양은 처음 Saturation 된 가스의 양을 100%로 하고 이에 대한 상대적인 비율로 나타내었다.

Table 2 Results of Remaining Gas

	Foaming Temp.	Weight Gain Before Foaming	Weight Gain After Foaming	Remaining Gas	Foaming Ratio
PC	120°C	13.30%	9.04%	68.0%	69.8%
PP	110°C	5.59%	2.23%	39.9%	40.5%
PET	100°C	7.18%	6.03%	84.0%	73.6%
ABS	90°C	15.53%	11.52%	74.2%	72.76%

본 실험을 통하여 범용 수지의 초 미세 발포 공정 적용 후 잔류하는 가스의 양을 측정 하였다. Foaming Process 에서 열을 가함으로써 재료 내부의 열역학적 불안정성을 야기하고 이로 인해 가스가 대부분 빠져나갈 것으로 예상했던 것 과는 차이가 있음을 알 수 있었고 이러한 잔류 가스의 양은 재료에 따라 다르게 나타나는 것을 알 수 있었다.

4. Conclusion

본 실험을 통하여 다양한 조건에서 잔류 가스의 양을 파악한 실험을 통해 재료에 따라 차이가 있지만 초미세 발포 공정의 적용을 통해 제작된 시편에는 예상 외로 많은 가스가 잔류한다는 사실을 알 수 있었다.

이러한 잔류 가스의 경우 최종 제품의 도장 및 라벨 특성에도 영향을 미치며 [3], 재료의 결정화도나 중합 방법에 대한 가스의 잔류 경향 분석을 통하여 고분자 재료 내분에 가스가 존재하는 위치나 가스가 들어가고 나가는 메커니즘을 분석 할 수 있기 때문에 발포 이후 잔류 가스에 대한 연구가 추가적으로 이루어 질 수 있는 유의미한 결과를 얻을 수 있었다고 생각한다. 따라서 이후 추가적인 연구를 통해 고분자 재료 내부에서 일어나는 가스의 거동에 대한 일반적 이론을 제시할 수 있을 것으로 생각한다.

Acknowledgement

본 연구는 2012 년 중소기업청, 산학연 공동 기술 개발사업의 지원으로 이루어 졌으며 이에 감사 드립니다.

References

1. Jung-hwan Seo. "Research on The Supreme Diffused Reflectivity of Microcellular foamed Polypropylene." M.S. Thesis in Mechanical Engineering, Yonsei University, 2005.
2. Jung-hwan Seo, Won-suk Ohm, Soo-hyun Cho and Sung Woon Cha, Effect of Repeated Microcellular Foaming Process on Cell Morphology and Foaming Ratio of Microcellular Plastics, Polymer-Plastics Technology and Engineering, Vol. 50, No. 6,588-592, 2011.
3. Sung Woon Cha, Jae Dong Yoon, label behavior property attached on microcellular foamed parts. Journal of Applied Polymer Science, Vol. 98, Issue 1, 289-293, 2005