

초 임계 유체를 이용한 초 미세 발포 공정의 발포온도와 두께에 따른 발포특성 연구

Research of foaming characteristics by MCPs using supercritical fluid according to foaming temperature and thickness

*김신원¹, #차성운¹, 김기형¹

*S. W. Kim¹, #S. W. Cha(swcha@yonsei.ac.kr)¹, K. H. Kim¹,

¹연세대학교 기계공학과

Key words : microcellular foaming, batch process, foaming, polymer, cell morphology

1. Introduction of MCPs

MCPs(Microcellular Foaming Process)는 고분자 재료 내에 초임계 상태의 기체(Supercritical fluid)를 용해시켜 하나의 상으로 만든 뒤, 용해도를 낮춤으로써 야기된 열 역학적 불안정성을 이용해 직경 10 μm 이하의 기포를 10⁹ cells/cm³ 이상 생성하는 기술이다.

SCF 조건하에 고분자 외부는 고분자 내부와 비교하여 상대적으로 높은 압력조건을 갖는다. 이러한 압력 차에 의해 Blowing Agent의 확산이 일어나고 고분자 내부로 용해된다.

용해된 기체는 고분자 내에서 단일 상으로 존재하는데, 압력조건을 제거함으로써 야기된 열역학적 불안정성에 의한 상 변화를 통해 고분자 내에 핵을 생성(Cell Nucleation)하게 된다. 이 때 고분자의 유리전이온도 이상의 열을 가하면 기공이 성장(Cell Growth)하게 된다.

본 연구에서는 APET 을 이용하여 발포온도와 두께에 따른 용해도 및 발포 경향에 대해 알아보고, 나아가 발포된 고분자 내의 기공 형상(Cell Morphology)를 관찰하여 두 조건에 따른 Cell 형상의 특성에 대해 연구하고자 한다. 이 같은 조건을 구현 하기 위해 실험 요인의 제어가 용이한 일괄처리 발포 공정(Batch Process)를 이용해 실험을 진행한다.

2. Experiment

본 연구에서는 일괄처리 발포 공정을 이용해 발포 온도 150 °C 에서 APET 시편의 두께를 0.2mm, 0.25mm, 0.35mm, 0.4mm 로 변화시켜 두께 변화에 따른 발포 경향과 Cell Morphology 를 관찰하고, 시편의 발포 온도를 상온(25°C), 50°C, 100°C, 150°C로 변화시켜 온도에 따른 발포경향 및 Cell Morphology 를 분석하였다.

이 외에 포화 압력 과 포화 온도는 CO₂ 의

SCF 조건을 위해 8Mpa, 45°C로 고정하고 포화 시간의 경우 1mm 시편 기준 24 시간으로 두께의 제곱에 반비례하는 것으로 가정하여 설정하였다.

Table 1 Experimental Condition

| Saturation Pressure | 8Mpa | | | |
|----------------------|------|------|------|------|
| Saturation Temp.(°C) | 45 | | | |
| Thickness(mm) | 0.2 | 0.25 | 0.35 | 0.40 |
| Saturation Time(Hrs) | 1 | 1.5 | 3 | 4 |
| Foaming Temp(°C) | 25 | 50 | 100 | 150 |

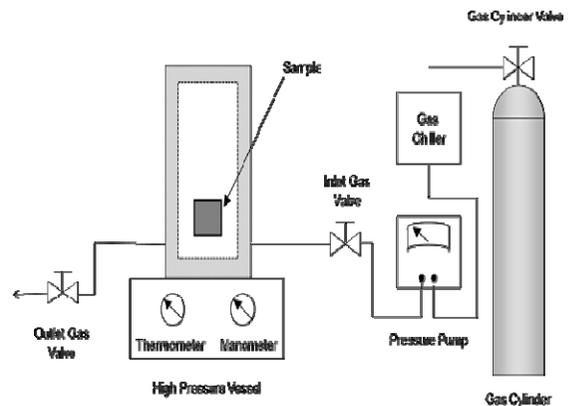


Fig. 1 Schematic concept of MCPs by batch process

3. Result

3.1 Foaming Ratio & Solubility

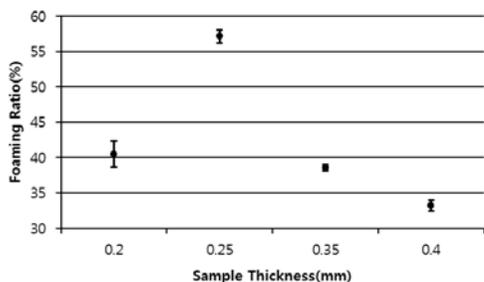


Fig. 2 Foaming ratio by different sample thickness

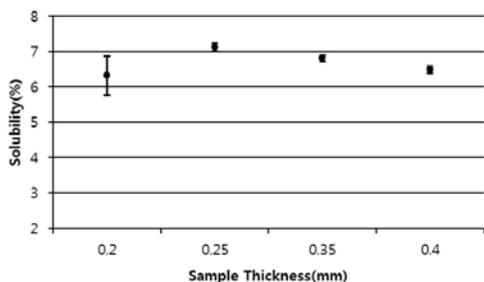


Fig. 3 Solubility by different sample thickness

발포율의 경우 Fig 1 과 같은 경향을 보였다. 용해도(Fig.2)와 비교하여 볼 때 용해도와 발포율이 연관되어 있는 것을 확인할 수 있다. 그러므로, APET 의 경우 시편의 두께에 따라 다른 용해도를 보이고, 그 용해도와 유사한 발포 경향을 보인다고 판단할 수 있다.

3.2 Cell Morphology

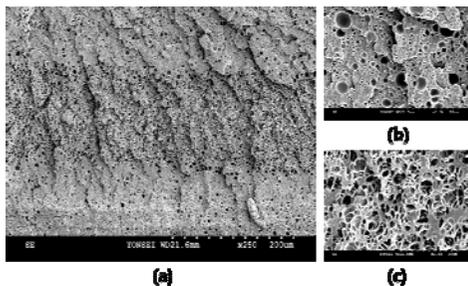


Fig. 4 APET(0.35mm) foamed at 150°C (a) overview of cross-section, (b)skin-layer (c)mid-part

주사 전자 현미경으로 관찰한 발포체 단면을 통해 기포의 형상을 확인할 수 있다. 모든 두께 조건에서 발포온도가 상온인 경우에는 기공이 간헐적으로 생성되었고 그러한 기공들 역시 시편의 중앙부에 밀집해 있다. 발포온도가 올라 갈수록 기공의 밀도가 높아지는 것을 확인할 수 있고 중심부와 외곽부가 Fig 3 과 같이 상이한 형상을 갖는다는 것을 확인할 수 있다.

4. Conclusion

본 연구는 두께에 따른 기포 형상 및 발포율에 관한 연구이다. 실험 결과를 통해 발포 온도 150°C하에 0.25mm 두께의 시편이 가장 높은 발포율을 보였고, 전체 실험 결과를 바탕으로 보아 기체의 용해도는 두께에 따라 상이한 값을 갖고 발포율 역시 그 값과 유사한 경향을 갖는 것을 알 수 있다. 기공의 형상은 중심부에 밀집되고 외곽은 중심부에 비해 낮은 밀도로 기공이 형성되는 것을 알 수 있으며, 이러한 경향은 모든 두께 조건 에서 유사한 형태를 갖는다.

후기

"이논문은 2012년도정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 기초연구사업 지원을 받아 수행된 것임 (NRF-2012R1A1A2044708)"

참고문헌

1. Hak Bin, Kim, "The Effect of Gas Absorption Induced a Change of Solubility in Microcellular Foamed Process", 2005
2. Young Ho, Kim, "The Effect of Interval Time of Batch Process on the Foaming Characteristics", Yonsei University, 2008.
3. Reglero, Jose Antonio, "Foaming of amorphous polymers and blends in supercritical CO₂ : Solubility versus block copolymers addition", 47, 535-548, 2011