

# 초미세 발포 플라스틱의 발포방식에 대한 연구 Study on Foaming Method of Microcellular Foaming Plastics

\*\*전병주<sup>1</sup>, 차성운<sup>2</sup>, 리즈완<sup>3</sup>

\*#B. J. Jeon<sup>1</sup>(jeonbang@yonsei.ac.kr), #S. W. Cha<sup>2</sup>, Rizwan Zafar<sup>3</sup>

<sup>1</sup> 연세대학교 기계공학과, <sup>2</sup> 연세대학교 기계공학부, <sup>3</sup> 연세대학교 기계공학과

Key words : Microcellular Foaming Plastics, Heat Transfer

## 1. 서론

현대 산업에 있어서 플라스틱은 전자기기, 자동차 부품, 생활용품 등 일상 생활의 전반에 걸쳐서 그 사용이 넓게 확대되었으며, 앞으로 그 사용이 점차 넓어지고 있는 추세에 있다. 플라스틱 생산 비용 저하와 다양한 기능화는 지속적으로 요구되고 있으며, 이에 부흥하기 위하여, 1970년대 미국 MIT에서는 초미세 발포 플라스틱이라는 발포 기술을 개발하게 되었다. 초미세 발포 플라스틱은 환경에 무해한 불활성 가스를 사용하기 때문에 환경 친화적인 발포 기술이며, 또한 기존의 발포 방식과 비교 하였을 때, 플라스틱 내부에 미세한 기공을 만들게 되어 강도저하를 최소화 할 수 있게 되었다. 또한, 고분자 내부에 생성되는 무수히 많은 작은 기공들에 의하여 단열 성능 향상, 방음 성능 향상, 광학 특성 향상 등 다양한 기능화가 가능하게 되면서, 더욱 각광을 받는 기술이 되었다.

초미세 발포 기술 중 일괄 처리 공정은 공정 시간의 한계로 인하여 초미세 발포의 기본적인 연구 및 공정 변수에 대한 측정용으로 여겨질 뿐, 실제 제품의 생산에는 많은 한계를 지닌다고 여겨졌다. 그러나 현재 LCD 백 라이트 유닛의 핵심 부품인 반사판이 이러한 일괄 처리 공정을 이용하여 최고 성능을 나타내는 제품으로 시판되고 있으며, 그 외에 확산판과 같은 다양한 제품의 생산이 가능하다는 연구 결과가 나오게 되며, 점차 그 응용을 넓혀가고 있는 추세이다. 그러나 앞에서 언급 하였듯이 일괄 처리 공정의 경우 그 공정시간의 제약으로 인하여, 기본적인 고분자 물성에 관한 연구로 그 초점이 맞추어져 있을 뿐, 실제 제품의 생산을 위한 연구에는 많이 미흡하였다. 일괄 처리 공정을 이용하여 실제 제품의 대량 생산을 위해서는 현재 실험실 수준에서 사용하고 있는 시스템에 대한 분석 및 이의 계량이 필요하다.

본 연구는 일괄 처리 공정을 이용하여 실제 제품의 대량 생산을 수행 하였을 경우를 대비하여, 발포 방식에 대하여 초미세 발포 플라스틱의 발포 특성의 변화를 살펴 보았으며, 이를 통하여 각 제품의 생산에 적합한 발포 시스템의 제시를 하고자 한다.

## 2. 초미세 발포 일괄 처리 공정

다음의 Fig. 1 은 현재 사용하고 있는 초미세 발포 일괄 처리 공정의 전체적인 계략도를 간략하게 그림으로 나타낸 것이다.

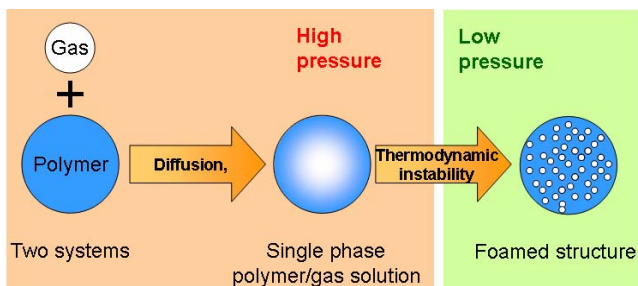


Fig. 1 Schematic diagram of the morphological change of polymer/gas systems in overall microcellular foaming process

초미세 발포의 원리는 플라스틱 재료 내부에 초임계상태의 고압-저온의 가스를 용해시키는 포화 공정과 용해를 통하여 하나의 상으로 형성된 고분자와 가스 솔루션에서 기공을 형성시키는 발포 공정 둘로 나눌 수가 있다. 고분자 내부에 가스가 용해되는 포화 공정은 고압력 용기 내부에서 기체의 확산에 의하여 하나의 상으로 고분자 내부에 가스가 용해되며, 고분자 내부에 기공을 형성시키는 포화 공정은 압력을 낮추거나 온도를 높여 열역학적 불안정 상태를 유발시킴으로써 용해도 차이를 유발시킴으로 이루어진다. 급격한 용해도의 차이는 열역학적으로 불안정하게 만들며, 열역학적 불안정성에 의해 플라스틱 내부에 기포가 생성되도록 하는 것이다. 이런 원리에 의해 만들어진 초미세 발포 플라스틱(MCPs)은 재료 내부에 10 μm 이하의 미세기포(micro-cells)를 가지게 된다.

일반적인 일괄 처리 공정의 경우 고압력 용기 내부에서 초임계 상태의 가스를 포화 시켜 준 후 포화 된 시편을 가열하여 줌으로써 발포 공정이 이루어지게 된다. 이때 포화 된 시편을 가열하는 방법에 여러 가지가 존재할 수 있으며, 이는 추 후 제품의 생산 후 제품의 특성 및 품질에 영향을 줄 수 있는 중요한 공정 중 하나가 된다. 따라서 본 논문에서는 이러한 발포 방식에 따라 초미세 발포 공정에 대하여 살펴 보고자 한다.

## 3. 실험

본 논문은 일괄 처리 공정 중 발포 방식에 따른 결과를 살펴 보기 위한 실험이기 때문에 포화공정은 모두 동일하게 고정을 시킨 후 발포 공정만 변화를 시키며 실험을 진행 하였다. Fig. 2 는 본 실험에서 실시한 일괄 처리 공정의 포화 공정을 위한 실험 장비를 보여주는 것이다. 포화를 위한 실험 장비는 가스 공급 시스템과 고압력 용기로 나눌 수 있다. 초임계 가스를 만들어 주기 위하여, 가스통에서 나오는 가스를 압축 시켜 고압력 용기에 공급하여 주는 가스 공급부가 존재하고, 온도를 조절하여 줄 수 있는 고압력 용기부가 존재한다.

본 실험에서 고분자로 PP 를 사용 하였으며, block 계열의 copolymer 인 BP2000 을 사용하여 실험을 수행하였으며, 이 때 포화에는 CO<sub>2</sub> 가스를 이용 하였다. 본 실험의 변수인 발포 방식은 온장고, 글리세린, 핫 플레이트를 사용하여 그 시편의 단면의 SEM 이미지를 이용하여 비교하였다.

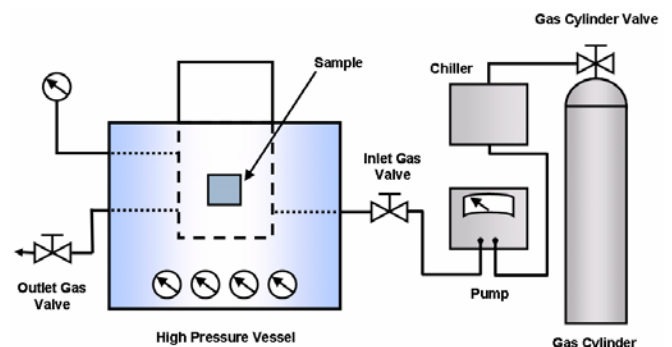
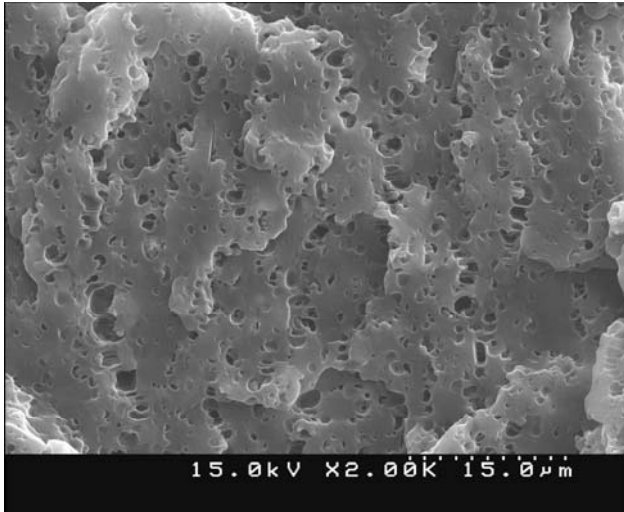


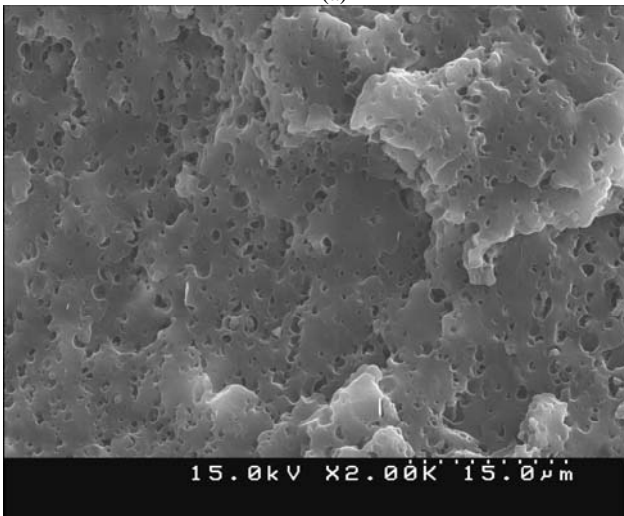
Fig. 2 Schematic diagram of microcellular batch process

#### 4. 결과

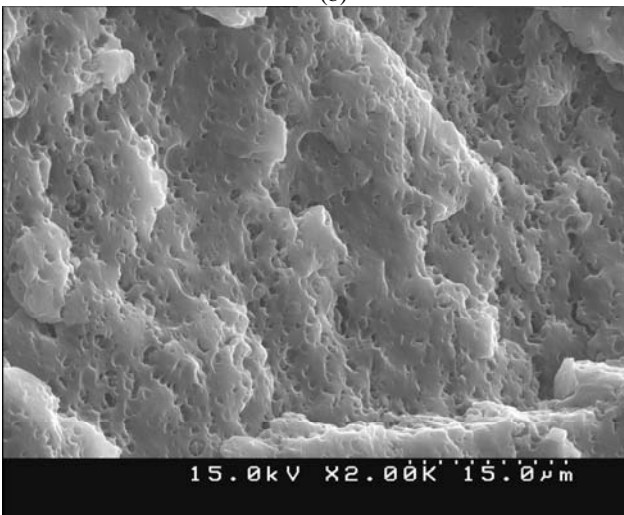
Fig. 3은 각각 온장고, 글리세린, 핫 플레이트를 이용하여 발포한 시편 단면의 SEM 이미지이다. 각 열전달 방식에 따라서 발포 효율에 차이가 나기 때문에 본 실험에서는 발포 시킬 때 온도를 조절하여 모두 같은 발포율을 갖도록 맞추어 준 후 발포 방식에 따라서 어떠한 차이가 발생하는지 살펴 보았다.



(a)



(b)



(c)

Fig. 3 SEM image of foamed samples (a) oven, (b) glycerin (c) hot plate

SEM 이미지를 살펴 보면, 온장고를 이용하여 발포시킨 시편과 글리세린을 이용하여 발포시킨 시편의 경우 형성된 기공의 형태가 거의 비슷한 것을 살펴 볼 수 있다. 반면 핫 플레이트를 이용하여 발포시킨 시편의 경우 기공의 크기가 작으며 그 수가 많은 것을 확인할 수 있다. 성형된 제품의 표면은 온장고의 경우가 가장 깨끗한 형상을 보이고 있었다.

#### · 결론

본 논문에서는 초미세 발포 일괄 처리 공정에서 발포 방식에 따라 발포 제품의 특성에 어떠한 차이가 있는지를 살펴보기 위한 실험을 진행하였고, SEM 이미지를 통하여 직접 발포 시편의 단면 형상을 살펴 보았다. 본 실험의 결과에 따르면 작고 많은 기공이 요구되는 제품의 경우 핫 플레이트와 같은 전도 방식을 이용하여 제품을 성형하는 것이 유리하다는 것을 확인할 수 있었으며, 크기가 큰 기공이 필요할 경우 온장고와 글리세린과 같은 대류 방식을 이용하는 것이 유리하다는 것을 확인할 수 있었다. 또한 온장고와 같은 비접촉식 열전달이 제품의 표면 특성에 가장 유리하다는 것을 확인할 수 있었다.

실제 일괄 처리 공정을 이용하여 제품을 성형할 경우 발포 방식이 제품의 특성을 결정할 수 있는 가장 중요한 인자로 작용할 것이다. 따라서 각 제품의 특성에 적합한 발포 방식을 사용하여 제품을 성형하여야 한다. 추 후 실제 열전달량의 계산에 따른 비교와 본 실험에서 수행하지 못한 전도 방식에 따른 열전달의 비교 역시 진행되어야 더욱 정확한 발포 방식의 제시가 가능할 것으로 보인다.

#### 후기

본 연구는 ‘서울시 산학연 협력사업(I1101M0212351)’의 지원으로 수행되었으며, 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. J. S. Colton., N. P. Suh., "The nucleation of microcellular thermoplastic foam with additives: Part I: Theoretical considerations," Polymer Engineering & Science, , 485-492, 1987.
3. J. S. Colton., N. P. Suh., "The nucleation of microcellular thermoplastic foam with additives: Part II: Experimental results and discussion," Polymer Engineering & Science, , 493-499, 1987.
4. 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.