

# TiO<sub>2</sub>가 포함된 초미세 발포 반사판 Microcellular foamed reflector with TiO<sub>2</sub>

\*김학빈<sup>1</sup>, #차성운<sup>1</sup>, 김영호<sup>1</sup>

\*H. B. Kim<sup>1</sup>, #S. W. Cha(swcha@yonsei.ac.kr)<sup>1</sup>, Y. H. Kim<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 연세대학교 기계공학과

Key words : Reflector, Microcellular foamed plastics, TiO<sub>2</sub>, Diffused reflectivity

## 1. 서론

MCPs란 Micro-Cellular Plastics의 약자로 이는 미세한 기포를 갖는 플라스틱이라는 뜻이다. 1980년대 초 미국 MIT에서 개발된 이 초미세 발포 공정(MCPs Process)은 기존의 발포 기술이 단열 성능, 차음 성능(transmission loss), 비절연성(dielectric constant) 등이 우수하여 현재 널리 사용되고는 있으나 기계적 물성이 많이 저하되기 때문에 구조물과 같이 힘을 요하는 곳에는 단독으로 사용될 수 없고, 또한 부피에 대한 제품의 무게가 감소하는 단점을 해결하기 위해서 개발된 발포 플라스틱 제조공정이다.

그 동안 이 새로운 공정을 일반적인 플라스틱 성형 기술인 압출, 사출성형 등에 적용하기 위하여 많은 연구가 진행되어 왔다. 특히 초미세 사출성형 프로세스는 불활성 가스에 압력과 열을 가함으로써 초임계 상태(supercritical fluid)로 만들고, 이를 사출 성형기의 실린더에 분사하여 플라스틱과 가스를 혼합시킴으로써 하나의 상(Phase)인 용액(Solution)을 만든다. 이를 금형에 사출하면 가스가 팽창하면서 성형품 내부에 5~50 μm 정도의 기포들이 고르게 형성된다. 이러한 미세 기포 구조의 발포 플라스틱 성형품은 일반 발포 플라스틱 성형품보다 상대적으로 높은 기계적 강도를 갖는다.

초미세 발포 기술의 연속공정(continuous process)에 의해 만들어지는 초미세 발포 플라스틱이 일괄처리공정(batch process)에 의해 만들어지는 초미세 발포 플라스틱에 비해 갖는 문제점은 기포의 불균일성의 문제이다. 즉, 상대적으로 연속공정에 있어서의 초미세 발포 공정이 기포의 크기 및 배열의 측면에 있어서 보다 불균일성을 보인다. 이는 연속공정에 의한 초미세 발포 공정이 일괄처리공정에 의해 만들어지는 초미세 발포 플라스틱보다 기계적 물성 등에 약점을 보임을 의미한다.

이는 기체의 확산에 의해 발생하는 고분자-기체 혼합물 형성과정에서 연속공정이 일괄처리공정보다 비 균일한 단일상의 혼합물을 만들기 때문이다. 연속공정은 공정의 특성상 짧은 시간 내에 고분자-기체 혼합물을 생성해야 하므로 기체가 충분히 확산할 수 있는 시간적 여유가 없으므로 이런 문제가 발생하는 것이다. 따라서 연속공정에서 보다 균일한 고분자-기체 혼합물이 생성될 수 있는 방법에 대한 모색은 내부 기포 형상의 향상을 가져올 수 있다.

이와 같은 특성을 가지는 것에 더하여 Micro cell 이 형성 되었을 때 확산 반사율이 확연하게 증가하는 특성을 보이고 있다. 이는 내부 기포와 폴리머 사이의 매질 특성 차이에 의한 것으로 보이며 확산 반사에 유리한 셀을 만들기 위해서는 결정성 재료가 필요하다는 것을 실험을 통하여 밝혀 냈다. 하지만 초미세 발포를 위해 생성된 기포만으로 충분한 양의 반사량을 확보하기 위해서는 매우 많은 수의 기포가 필요하기 때문에 초임계 유체를 만드는 등의 부가적인 노력이 필요하다. 따라서 산업에서 편하게 적용하기 위해서는 초임계 유체를 사용하지 않고 가스 상태에서

초미세 발포 반사판을 만들어야 하며, 본 실험에서는 초미세 발포 반사판에 일반적인 반사율을 높이기 위해 사용하는 산화 티타늄(TiO<sub>2</sub>)를 첨가하여 초미세 발포 반사판을 제작, 반사율을 비교하여 보았다.

## 2. 이론

고분자에 가스 분자가 침투하는 원리는 기본적으로 확산(diffusion)이다. 가스 분자가 고분자 내에 침투한 후 압력이 낮아지거나 온도가 높아지게 되면 급격한 용해도의 변화를 야기시키고 그로 인해서 고분자 내부에 용해되었던 가스 분자들이 고분자 밖으로 나오게 되면서 팽창, 내부 기포를 형성되게 된다.

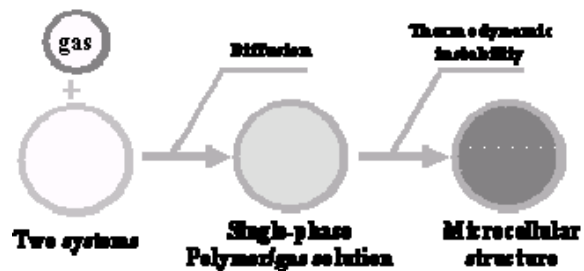


Fig. 1 Change of Cell morphology in gas-polymer system

그림 1에서 보는 바와 같이 고압의 가스를 확산의 원리로 고분자 내에 침투시킨다. 가스 충전 압력은 내부 기포의 형상에 매우 지배적인 인자가 되며 내부 기포의 크기와 내부 기포의 밀도에 영향을 미친다. 즉, 포화 압력이 높아지면 셀의 크기는 작아지게 되며 셀의 밀도는 높아지게 된다. 셀 밀도는 셀 사이의 간격으로 측정하게 되며 셀 밀도가 높아진다는 것은 셀 사이의 간격이 줄어드는 것과 같다. 확산의 원리로 가스를 고분자 내에 충전하며, 실제 기포가 생성되는 것은 고온의 열을 가했을 때 열역학적인 불균형에 의한 것이다. 일반적으로 유리전이온도 부근의 온도에서 발포 공정을 거치게 되며 폴리카보네이트(PC)의 경우가 약 150℃ 이기 때문에 대략적인 발포 온도는 140℃ 내외가 된다.

본 연구에서는 가스 충전 압력을 가스 상태의 그리 낮은 압력을 유지하면서 충전 온도는 일정하게 유지 하였다. 이는 충전 압력을 높임으로써 셀밀도를 조절해서 많은 미세 내부 기포를 만들기 위한 예전의 반사판과는 다르게 낮은 압력에서도 높은 효율을 갖기 위한 반사판을 만들어 실제 산업에 적용하기 쉽게 하기 위해서 이고, 이를 위해 산화 티타늄을 추가하여 반사율을 확보하기 위함이다. 그리고 온도를 상온으로 유지한 것은 가스 상태로 충진을 하기 위함이다. 초임계 상태로 충진을 하게 되면 셀 밀도가 현저하게 높아지며 셀 크기가 매우 작은 시편을 얻을 수 있다는 연구가 이미 진행되어 있다. 본 연구에서는 가스 상태의 blowing agent 만을 이용하여 반사율 비교를 하기 위함이다.

### 3. 실험

#### 3.1 실험 조건

본 실험에서 사용된 고분자는 PC 와 TiO<sub>2</sub> 가 첨가된 PC 두 가지 종류이다. 샘플의 크기는 가로, 세로 5 cm인 정사각형 모양이고, 두께는 1 mm이다.

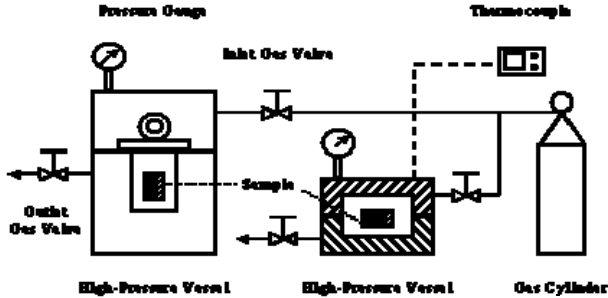


Fig. 2 Schematic of batch process

본 실험에서 사용된 가스는 이산화탄소(삼중가스, 99.9%)이고, 고압력 용기의 온도는 상온으로 유지(23℃)하여 가스 상태(state)는 동일하게 맞춘 후 실험을 진행하였다. 본 연구에서는 가스 상을 유지하여 실험을 진행하였다. CO<sub>2</sub>는 7.38MPa 이상 31.1℃ 이상의 두 조건을 모두 충족한 상태에서 초임계 유체가 되며, 초임계 유체의 경우 용해량과 확산 속도 등이 가스 상태와 다르기 때문에 조건을 유지시키는 것이 중요하다. 본 실험에서는 충전 압력을 6MPa, 충전 시간은 24 시간을 주었다.

발포는 글리세린을 이용하여 진행하였으며, 발포 시간은 25 초, 발포 온도는 135℃로 발포를 진행하였다.

#### 3.2 실험 결과

실험을 진행한 결과 다음과 같은 사항을 알아낼 수 있었다.

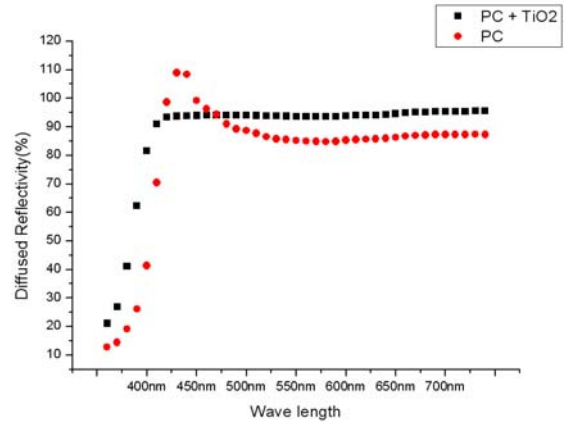


Fig. 4 Schematic of Diffused reflectivity

### 4. 결론

본 실험을 통해 다음과 같은 결론을 내릴 수 있다.

1. 반사판을 만들 때 초미세 발포 공정을 이용하여 많은 미세 내부 기포를 만드는 것도 중요하지만, 반사를 도울 수 있는 첨가제를 넣어 주는 것도 좋다.
2. 첨가제를 첨가하게 되면 반사율에 많은 도움이 되며, 현재 사용되고 있는 상용 반사판 이상의 성능을 갖는 반사판을 제작할 수 있다.
3. 앞으로 최적의 반사 성능 향상을 위해 첨가제의 종류와 양을 규명하는 추후 연구가 필요하다.

### 후기

본 연구는 ‘서울시 산학연 협력사업(11101M0212352)’의 지원으로 수행되었습니다. 이에 감사 드립니다.

### 참고문헌

1. Sung W. Cha, " New Process for forming a Three-dimensional Polymer product and foaming microcells at ambient temperature, " S.M. Thesis in Mechanical Engineering, M.I.T.1994.
2. C.B. Park and N.P. Suh, "Rapid Polymer/Gas Solution Formation for Continuous Processing of Microcellular Plastics," ASME Transactions, Journal of Manufacturing Science and Engineering, Vol. 118, No. 4, pp. 639-645, 1996.
3. Laurent M. Matuana, Chul B. Park, John J. Balatinez, "Effect of cell Morphology on the Properties of microcellular foamed PVC/WOOD-FIBER composites", ASME, MD\_Vol. 76, 1996.
4. Kumar, V., "Process Synthesis for Manufacturing microcellular Thermoplastic parts: A case Study in Axiomatic Design," PH. D. Thesis in Mechanical Engineering, Massachusetts Institute of Technology, 1988.
5. Sung-Woon Cha, Sang-Jo Lee, Jae-Dong Yoon, "General Trend of Microcellular Foaming Process", 2nd Korea-Australia Workshop on Manufacturing Technology pp.131-136, 1999

Table.1 Result of experiment

	PC	PC+TiO <sub>2</sub>
원 밀도	1.18 g/cm <sup>3</sup>	1.19 g/cm <sup>3</sup>
용해량	12.85%	12.90%
발포 후 밀도	0.31 g/cm <sup>3</sup>	0.32 g/cm <sup>3</sup>
발포율	73.73%	73.11%
총 반사율	99.12%	95.83%
확산 반사율	97.56%	94.56%

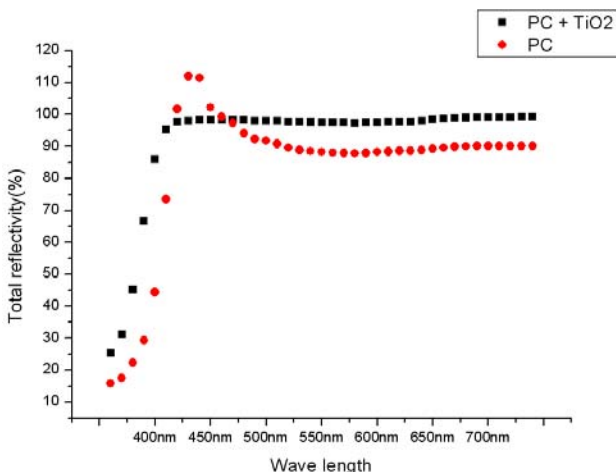


Fig. 3 Schematic of total reflectivity