

재발포가 MCPs 에 미치는 영향

박준영*(연세대 대학원 기계공학과), 차성운(연세대 기계공학부),
서정환(연세대 대학원 기계공학과)

A study on the effect of twice foaming process on microcellular foamed plastics

J.Y. Park (Mecha. Eng. Dept., YSU), S.W. Cha (Mechanical Eng. School, YSU),
J.H. Seo (Mecha. Eng. Dept., YSU)

ABSTRACT

According to the industrialization the using of polymers is increased by their mechanical or commercial demands. At now, the using of polymers is become bigger and bigger than yet. On the other words, our whole life is covered by the polymers. Due to the extended polymer using, the material cost is higher and higher. Therefore, the people used the polymer foaming process using the gas. The polymer foaming using the pentane or butane gas is prohibited by the government cause of the explosiveness and non-environmental friendly. Therefore, the members of MIT invented the Micro-cellular Polymer Foaming in 1980. The Micro-cellular Polymers has many cells in the polymer matrix. By compare between non-foamed polymers, the Micro-cellular Polymers have low material cost, soundproof and shock less.

The purpose of this study is to study the twice foamed polymer by batch process. To know the reaction by step of microcellular foaming process, we measure the density of polymer. And to viewing the cell morphology, we used the scanning electron microscopy(SEM).

Key Words : Micro-cellular foaming Process (MCPs), Batch process (배치 공정), PET (poly(ethylene) terephthalate)

1. 서론

MCPs 발포 공정은 1980년대 초반 MIT에서 제안한 방식으로 초임계상태의 가스를 이용하여 폴리머를 발포 성형하는 방식이다. Blowing agent로 초임계상태의 질소나 이산화탄소를 이용하여 성형하기 때문에 환경친화적인 발포 공정을 할 수 있고, 또한 폴리머 내부에 약 10micron 가량의 미세한 셀을 형성하기 때문에 강도 등과 같은 기계적 물성 저하 방식을 기대할 수 있다.

MCPs 배치 공정은 압력 용기를 이용한 가스 포화 공정과 발포 공정으로 나눌 수 있다. 압력 용기에 폴리머 시편을 넣은 후, 초임계 상태의 가스를 주입하고 이때, 폴리머와 가스의 밀도차에 의한 확산의 원리로 폴리머 내부에 가스가 용해된다. 가스 분자가 용해된 폴리머에 열을 가함으로써 폴리머 구조내에 가스의 열역학적 불균형을 유도함으로써 발포가 일어나게 된다.

본 연구에서는 MCPs 공정에서 발포된 폴리머를 다시 MCPs 발포를 하여 셀 구조의 변화를 관찰한다. 예상되는 결과는 발포 후 셀이 생성된 폴리머를 2차 발포를 함으로써 가스가 폴리머내에 용해되어 추가적인 cell이 형성됨으로써 밀도의 변화를

생각해 볼 수 있다.

이를 확인하기 위한 결과의 비교는 실험의 진행에 따른 밀도의 변화와 SEM 기준으로 한 cell의 형상의 변화를 측정하였다.

2. 실험

기존 연구에 의해 PET의 경우, gas desorption이 잘 일어나지 않는 재료이고, 폴리머재료를 비결정형 수지와 준결정형 수지로 나눌 수 있다. 그래서 폴리머의 재료를 PET를 선정하여, 비결정형 A-PET와 준결정형 C-PET을 사용하여 실험을 하였다. 실험의 용이성을 위해, 실험의 시편의 크기는 0.8 mm X 20 mm X 20 mm으로 하여 실험을 진행하였다.

압력용기 공정은 압력 용기내에 PET 재료를 넣은 후 초임계상태(scCO₂)의 유체를 용해시키는 방법으로 1차 MCPs 배치 공정은 압력용기에 PET 재료를 넣은 후 초임계상태의 CO₂에서 실험을 하기 위해 압력 조건을 1200psi에서 오일 배스의 온도를 35℃에서 48시간 동안 실험을 하였고, 2차 발포 공정은 1차 배치 공정 후 발포된 PET를 가지고 실험을 수행하였으며, 배치 공정은 실험에서의 결과를 비교하기 위해 동일한 압력조건과 온도 조건을

가지고 수행을 하였다.

실험에서 발포공정은 PET 의 ($T_m=240\text{ }^\circ\text{C}$) 온도 조건보다 약 $50\text{ }^\circ\text{C}$ 가량 낮은 조건에서 글리세린을 열전달매개체로 하여 발포하였다. 이전 연구에 의하면 열전달 시간이 약 20 초 정도면 폴리머가 완전히 발포한다고 하여 약 20 초의 시간을 주어 발포하였다. 2차 발포공정 또한 1차와 동일한 조건으로 수행하였다.

3. 실험결과

1차, 2차 MCPs 배치 공정 후 성형된 PET 의 물성치의 변화와 관련한 표는 table 1 과 같다.

$$\text{Foaming rate (\%)} = \frac{\rho_1 - \rho_2}{\rho_2} \times 100$$

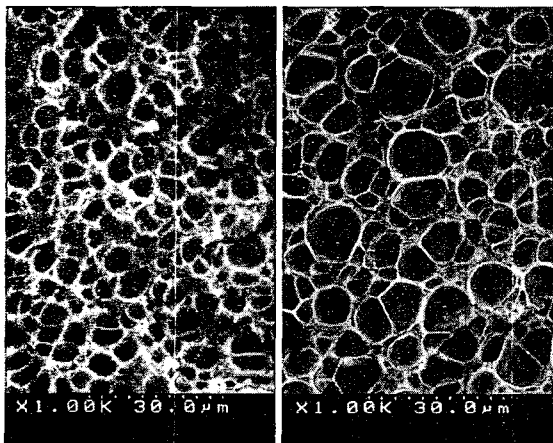
Table 1 foamed PET using MCPs batch process

		density(g/cm^3)	foaming rate (%)
A-PET	1 st	0.63	53
	2 nd	0.28	79
C-PET	1 st	0.45	67
	2 nd	0.22	83

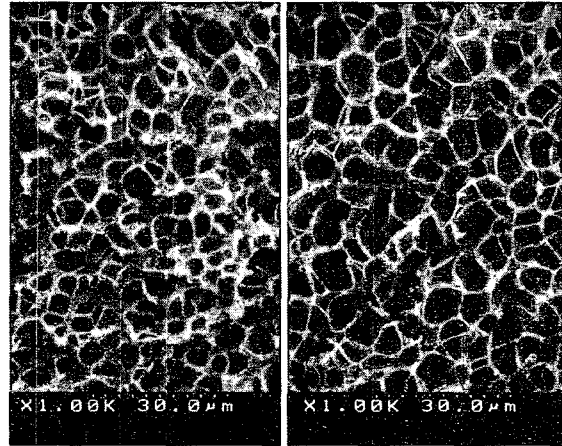
1차, 2차 MCPs 배치 공정후 성형된 PET 의 SEM 촬영결과는 Fig.1, Fig.2 와 같고 cell size 및 cell density 를 관찰할 수 있었는데, 그것은 table 2 와 같이 나타난다.

Table 2 cell size change by using twice MCPs foaming

		cell size (μm)	cell density ($30\ \mu\text{m} \times 30\ \mu\text{m}$) (number)
A-PET	1 st	5~8	32
	2 nd	7~10	22
C-PET	1 st	5~6	30
	2 nd	6~8	26



(a) 1st MCPs foamed (b) 2nd MCPs foamed
Fig. 1 cell morphology of MCPs foamed A-PET



(a) 1st MCPs foamed (b) 2nd MCPs foamed
Fig. 2 cell morphology of MCPs foamed C-PET

4. 결론

발포 과정이 진행 됨에 따라 밀도가 추가적으로 감소하였다. 밀도가 감소한 원인으로서는 평균 cell size 의 증가에 의한 원인을 생각해 볼 수 있는데, 두 재료 모두 50 % 가량의 밀도가 감소를 하였고 A-PET 의 경우 25 % 가량의 평균 cell size 가 증가하였고, C-PET 의 경우 20% 가량 평균 cell size 가 증가하였다.

1차 발포 후 SEM 사진을 비교 하여 보았을 때, A-PET 의 경우 경계면에서의 미세 (1 micron) cell 의 영역과 평균 크기의 cell 영역으로 분리하여 생각해 볼 수 있으나, C-PET 는 평균 크기의 cell 영역으로 생각해 볼 수 있다. 2차 발포로 인하여 2개의 영역으로 분리되어 있던 미세 cell size 의 증가와 평균 크기의 cell size 의 증가의 2 가지 부분으로 분리가 되어 발포가 진행이 되지만, C-PET 는 평균 크기의 cell size 의 증가가 되게 된다.

추가로 다차의 발포가 진행됨에 따라 셀의 형상이 어떻게 변화하고 그에 따른 밀도의 변화를 알아 보아야 한다고 생각한다. 그리고 발포에 따른 셀의 형상의 변화가 언제까지 진행되는지도 알아보아야 한다고 본다.

참고문헌

1. Cha, S.W., "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. Kumar, V., "Process synthesis for manufacturing microcellular thermoplastic parts : A case study in axiomatic design," PH.D. Thesis in mechanical engineering, M.I.T, 1988.