

Batch Interval Time 에 따른 PP 의 발포 특성 변화 Foaming features depend on interval time of batch foaming process

*김영호¹, #차성운², 서정환³

*Kim Young Ho¹, #S.W. Cha (swcha@yonsei.ac.kr)², Seo Jung Hwan³

¹연세대학교 기계공학과, ²연세대학교 기계공학과, ³연세대학교 기계공학과

Key words : batch foaming process, interval time, open time

1. 서론

고압력 용기를 이용한 일괄처리 발포 공정(Batch Foaming Process)은 압출, 사출 등의 연속공정을 이용한 발포 공정에 비해 공정 인자의 제어가 훨씬 자유롭고 나오는 제품에 있어서도 높은 재연성을 갖는 장점이 있다. 최근 디스플레이 제품 중에서도 가장 일반적으로 자리잡은 LCD(Liquid Crystal Display) 모니터의 BLU(Back Light Unit)의 구성요소들인 반사시트, 확산시트 등의 광학시트들을 일괄처리 발포 공정으로 생산하는 이유도 여기에 기인한다. 그런데 광학적인 특성을 갖는 시트를 생산함에 있어서 반사체의 역할을 하는 기공의 분포와 크기에 그 성능이 영향을 받게 된다. 예를 들어 기공의 분포가 밀하고 그 크기가 작을수록 확산 반사 성능이 좋아지고, 기공의 분포가 소해지고 크기가 일정 범위에 들어가면 투과율과 광확산 성능이 좋아지는 등의 특성을 나타내게 된다. 그런데 기존의 단순히 발포율에만 초점을 맞추는 발포 공정으로는 이렇듯 기공의 형태적인 조절이 사실상 불가능했다.

따라서 가급적 기존 공정을 유지하면서 기공의 형태 조절을 가능하게 할 수 있는 방안을 고려하게 되었는데, 여기서 주목한 것이 공정의 open time 이었다. 가스 포화과 발포의 두 공정으로 이루어지는 고압력 용기를 이용한 일괄처리 발포 공정의 특성 때문에 공정 사이에 open time 이라는 지연 시간이 필연적으로 발생하게 된다. Open time 이란 고압력 용기에서 가스가 포화된 폴리머 재료를 용기에서 꺼내어 발포 공정으로 넘기기까지의 시간을 의미한다. 과거 수행된 많은 연구와 실험을 통해서 이 open time 이 최종 발포 제품의 특성에 영향을 미친다는 것은 주지의 사실이었지만, 지금까지는 그 영향이 경미하다고 생각하여 무시하거나 실험의 noise 라고 치부하고 관심을 두지 않는 경우가 태반이었다. 이에 본 연구에서는 이 open time 에 의해 발포 제품이 어떤 특성 변화를 가지게 되는지를 실험을 통해 살펴보고 이를 통해 open time 이 공정 변수로 활용될 수 있을 것이라는 가능성을 제시할 수 있었다. 또한, open time 이라는 이름은 앞서도 밝혔듯이 실험의 noise 라는 성격으로 불렀던 명칭이므로 앞으로는 공정 변수의 성격을 갖는 interval time 이라는 명칭으로 표기하도록 하겠다.

2. Experiment Condition

본 연구와 실험에는 block 계열의 copolymer 인 (주)대한유화공업주식회사의 압출용 polypropylene BP2000 을 사용했다. 첨가제 없는 BP2000 을 다른 표면 처리 없이 시트형태로 직접 압출한 시편을 30 mm x 30 mm x 0.8 mm 형태로 가공하여 사용하였다. 가스 포화 공정은 table 1 의 조건으로 재료에 가스를 완전 포화시켰다.

Table 1 Gas saturation condition

Variable	Condition
Blowing Agent	CO ₂
Saturation pressure	60 atm
Saturation temperature	15±1°C (room temp.)
Saturation time	48 hours

가스 포화된 시편의 발포는 글리세린을 이용하여 열 전도를 통해 온도를 상승시켜서 이산화탄소를 이용한 물리 발포를 통해 수행했다. 이 때 발포의 온도는 재료인 BP2000 의 열물성을 고려하여 145°C로 정하였으며 발포 시간은 약 40 초 정도로 두었다. 이 조건에서 발포하였을 때 모든 시편이 각 상태에서 완전 발포되었다.

3. Interval Time Condition

2 절에서 언급한 조건 외에 본 연구에서는 interval time 이라는 추가적인 실험 조건이 필요하기에 이 조건의 설정을 위해 사전 실험을 진행했다. 동일한 조건하에서 가스 포화를 시킨 후 포화된 시편을 상온 대기압 상태에서 방치하면서 용해된 가스 잔류량의 변화를 측정하였다. 이를 토대로 가스 잔류량이 각 20%씩 변화하는 시간을 구하여 이를 interval time 조건으로 결정했다. 여기서 interval time 은 가스 잔류량에 종속적이며 실험의 결과와 최종적으로 결정된 interval time 조건은 각각 fig. 1, table 2 와 같다.

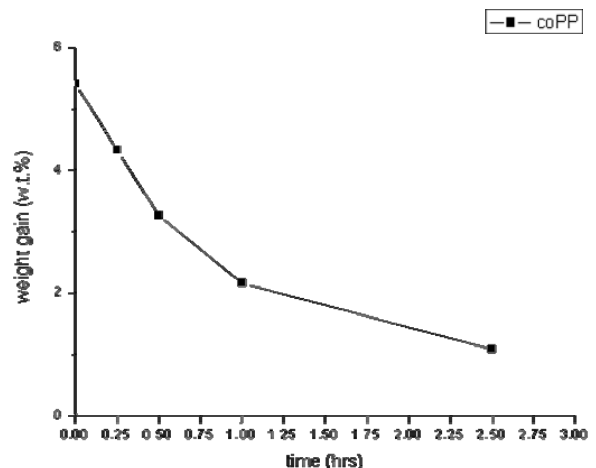


Fig. 1 Changes of gas meltage in coPP(BP2000)

Table 2 Interval time condition

Gas meltage (%)	100	80	60	40	20
Interval time (hrs)	0	0.25	0.5	1	2.5

4. Result

각 interval time 조건별로 상온 대기압 상태에 방치한 후 발포를 수행했을 때 발포율의 변화는 fig.2 와 같다.

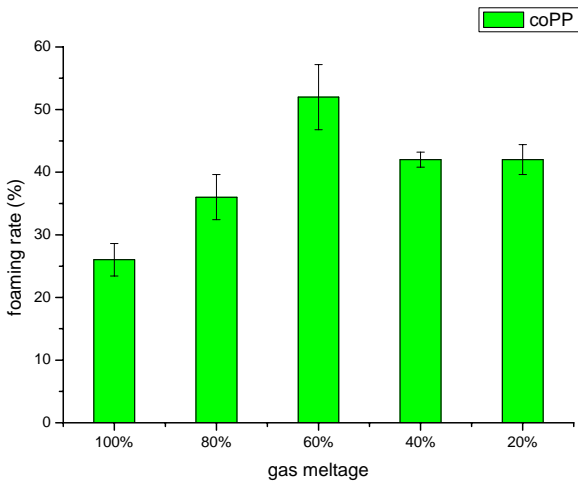


Fig. 2 Foaming rate changes depend on interval time (gas meltage)

결과에 따르면 가스 포화 직후에 발포를 수행하는 것보다 일정 시간이 흘러 가스가 어느 정도 빠져나간 후에 발포를 수행하는 것이 발포율이 더 높게 나오고 있다. 또한 40%와 20%의 결과에서는 잔류해 있는 가스의 양이 2배의 차를 보이는 데 반해 발포율은 거의 동일하게 나타나고 있다. 이는 발포로 생성된 내부 기공의 분포와 형태가 다르기 때문에 나타나는 현상이라 생각되어 SEM 촬영을 통해 morphology 를 직접 확인하였다

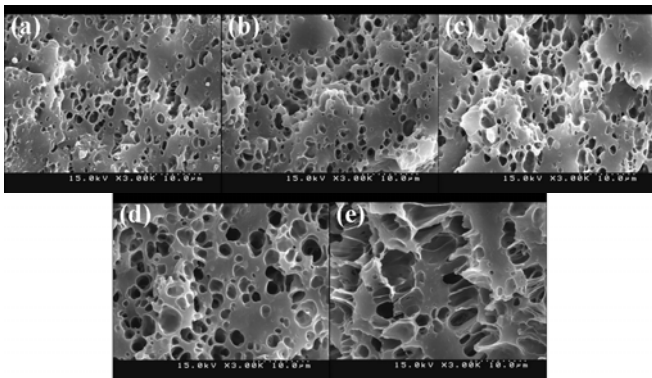


Fig. 3 SEM images of foamed samples at gas meltage (a)100%, (b)80%, (c)60%, (d)40%, (e)20%

Table 3 Cell morphology

Gas meltage(%)	100	80	60	40	20
Porous density($10^3/\mu\text{m}^3$)	207	125	83	58	36
Average pore diameter(μm)	1.5	1.8	2.3	3.1	4.4

Fig. 3 은 촬영한 SEM 사진이며 table 3 은 SEM 사진을 토대로 광학적으로 기공의 밀도와 크기를 측정된 결과이다.

4. 결론

Interval time 에 따른 발포율과 기공의 morphology 의 변화를 관찰한 결과를 토대로 interval time 이 길어짐에 따라 기공의 개수는 감소하고 크기는 증가하게 된다는 사실을 확인할 수 있었다. 추후 이를 토대로 interval time 에 따른 함수로서 기공의 분포와 형태에 관한 model 을 만들게 된다면 기존 공정에 interval time 을 정량화된 수치로 도입하는 정도만으로도 발포 특성의 조절이 가능할 것으로 기대된다. 또한 다양한 재료에 따라서 interval time 에 따른 발포 특성의 변화를 정리하는 작업도 필요할 것으로 생각된다.

후기

본 연구는 2006 서울시 신기술 연구개발 지원사업의 도움으로 이루어졌습니다.

참고문헌

1. Sung W. Cha, 1994, "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.
2. J. S. Colton., N. P. Suh., 1987, "The nucleation of microcellular thermoplastic foam with additives: Part II: Experimental results and discussion," Polymer Engineering & Science, Vol.7, pp. 493-499.