

일괄처리 발포 공정에서의 방치시간을 이용한 발포율 향상 Foaming Rate Improvement using Open-time in Batch Process of Microcellular Foaming Plastics

*김영호¹, #차성운¹, 서정환¹

*Y. H. Kim¹, #S.W.Cha(swcha@yonsei.ac.kr)¹, J.H. Seo¹
¹ 연세대학교 기계공학과

Key words : Batch Process, MCPs, Open-time

1. 서론

일괄처리 발포 공정은 가스를 이용하는 물리적 발포 공정의 한 종류로서 가스를 포화시키는 포화 공정과 가스가 포화된 소재를 발포시키는 발포 공정의 두 단계로 이루어진다. 가스를 포화시키는 고압력 용기의 크기와 두 단계로 이루어지는 불연속성의 문제로 실제 제품 제조에서는 크게 관심을 받지 못하고 다만 그 공정 인자 제어의 편의성으로 인해 기초 연구에서 주로 이용되었던 발포 공정이다. 그러나 최근 이미 제조된 관형의 플라스틱 소재를 다시금 발포시킬 수 있다는 점과 사출 공정보다 높은 발포율 등으로 실제 제품의 생산에 도입하려는 움직임이 나타나고 있으며 특히 기공의 형상에 따라 다른 광 특성을 나타내기 때문에 광학 시트나 필름 제작에 도입할 경우 큰 파급력이 예상된다.

현재까지 일괄처리 공정으로 초미세 발포에 관한 많은 연구가 진행되었다. 압출이나 사출 등의 연속 공정과 비교할 때 각 인자가 독립적이며 제어가 쉬운 까닭에 기초 연구를 수행하기 용이하기 때문이다. 그러나 압출에 비해 발포율이 낮으며 두 공정의 사이에 필연적으로 발생하는 open-time 은 실험 결과에 반드시 일정 오차가 존재하게 만드는 특징이 있다.

Open-time 이란 가스 포화된 플라스틱 재료가 공기 중에 방치되는 시간이다. 고압력 용기 내에서 농도 차에 의한 확산으로 가스가 녹아 들어간 플라스틱 재료를 용기에서 꺼내어 발포 공정으로 넘어가는 과정에서 공기 중에 노출되는 데 이 때 주변 압력이 갑자기 대기압으로 낮아지게 되면서 녹아 들어간 가스가 빠져나가게 된다. 이로 인해 발포 공정을 수행할 때에는 완전 포화된 재료로 공정을 수행하는 것이 현실적으로 불가능하며 open-time 동안의 주변 온도, 압력, 재료의 종류 등에 따라 결과에 차이를 보이게 된다. 일괄처리 공정에서 open-time 으로 인한 오차가 반드시 존재하는 것은 이 때문이다.

종래의 연구에서는 open-time 을 실험의 잡음으로 취급하거나 무시하는 입장이 대세였으며 일부 관련 연구가 진행되기도 했지만 open-time 에 의해 기계적, 열적 성질이 다소 변화한다는 점을 밝히는 정도에서 그치는 수준이었다. 이는 일괄처리 공정이 실제 제품 생산보다는 연구 목적에 많이 쓰였기 때문에 관련 연구의 필요성이 적었기 때문이다. 그러나 실제 생산에 적용할 가치가 대두되는 현재에서 이 open-time 은 효율적인 공정의 설계라는 관점에서 볼 때 반드시 논의되어야 할 문제이다.

따라서 본 연구에서는 방치되는 open-time 자체를 변수화하여 방치되는 시간에 따라 재료의 발포율이 어떻게 변화하는가를 살펴보았다.

2. 실험

실험의 수행은 fig. 1 에서 볼 수 있듯이 일반적인 일괄처리 공정을 이용한 초미세 발포 실험으로 수행하였다. 발포를 수행하기 위한 여타의 조건은 table 1.과 같으며 여기에 방치시간에 관한 실험 조건이 추가되었다.

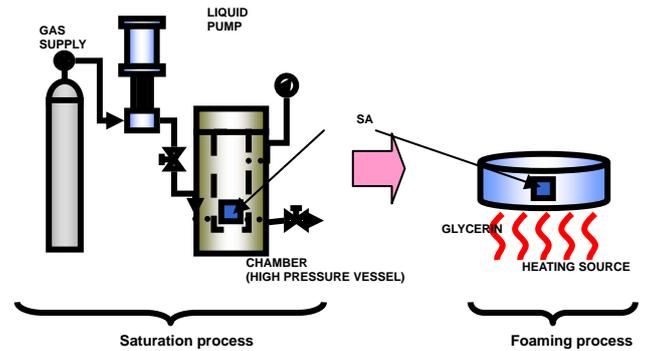


Fig. 1 Scheme of Batch Process of Microcellular Foaming

Table. 1 Condition of Foaming

Material	PC (SAEHAN GLYCEL 1mm)
Blowing Agent	CO2
Saturation Pressure	6MPa
Saturation Time	48hrs
Saturation Temperature	Room Temp.
Foaming Temperature	120 °C

방치시간의 기준은 재료 내부에 녹아 들어간 가스가 남아 있는 양(meltage)을 기준으로 결정하였다. 결국 가스가 남아 있는 가스의 양은 방치시키는 시간에 종속적이 된다. 사전 실험을 통해 방치시간의 조건을 설정하였으며 사전 실험의 결과는 fig. 2 와 같다. 이 중 각 10% 단위에서 발포 실험을 수행하였다.

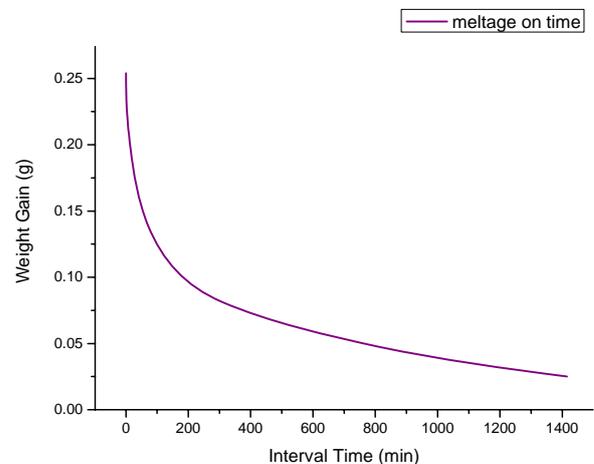


Fig. 2 Meltage Change on Time of PC

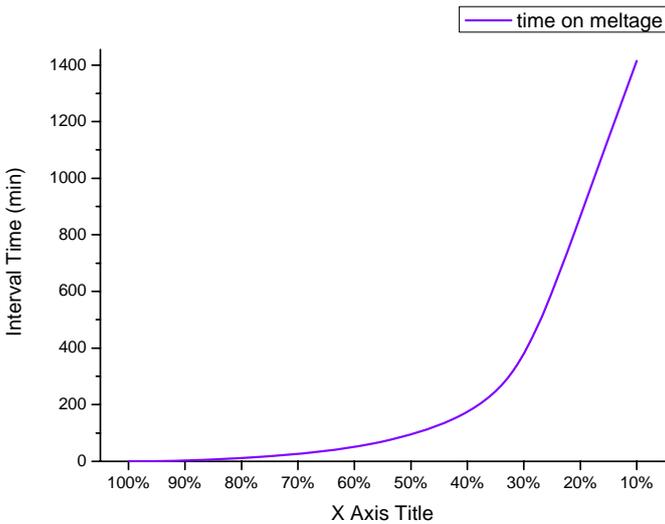


Fig. 3 Open-Time Change on Meltage of PC

3. 결과 및 고찰

앞서의 조건을 토대로 직접 발포를 수행한 결과는 fig. 4와 같다.

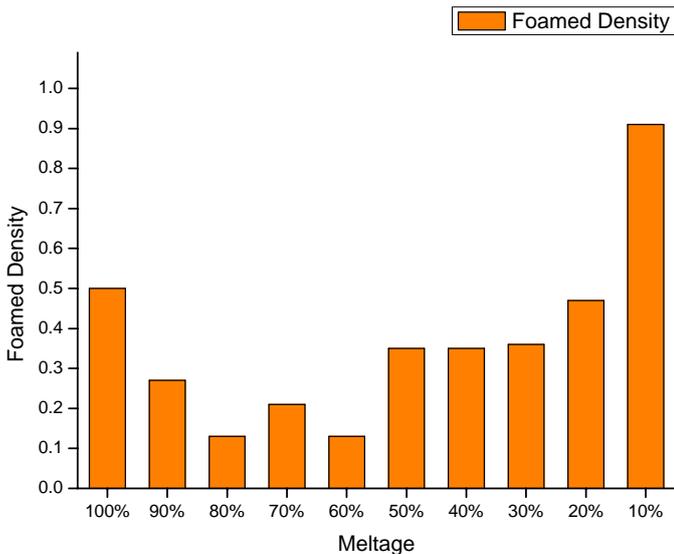


Fig. 4 Foamed Density Change on Meltage of PC

방치시간에 따라서 발포율의 큰 변화를 볼 수 있었다. Meltage 100%, 즉 최대한 방치되는 시간이 없도록 하여 발포했을 때의 발포 후 밀도는 약 0.5 정도인데 비해 80%, 60% 정도를 남을 때까지 방치한 후 발포를 수행했을 때의 밀도는 1.5 전후의 매우 낮은 밀도를 보였다. 즉시 발포 수행시에 비해 30~60 분 정도의 시간을 두어 방치시켰을 경우 발포율이 3 배 이상 높아졌다고 할 수 있다. 여기서 70% meltage 시기에 잠시 밀도가 높아지는 현상이 보였고 10% 시기에는 거의 발포가 되지 않았다고 볼 수 있었다.

4. 결론

실험의 결과를 통해 방치시간을 주게 될 경우 발포율이 향상됨을 알 수 있었다. 추후 SEM 촬영 등을 통하여 내부의 기공 형태와 배치 등을 확인해 보아야 하겠지만 이

는 기공의 크기가 방치시간에 따라 확장되기 때문으로 보이며 이후 다시금 발포율이 낮아지는 것은 방치시간동안 가스가 빠져 나감에 따라 기공의 개수가 줄어들기 때문으로 보인다. 또한 70%에서의 잠시 발포율이 낮아지는 점은 기공의 크기와 개수의 조합으로 인한 안장점으로 보인다. 추후 타 재료에 대한 실험과 기공 형태에 대한 연구가 필요하다고 생각된다.

후기

본 연구는 ‘서울시 산학연 협력사업(11101M0212351)’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. 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.
3. Krishna Nadella, Vipin Kumar and Wei Li, 2005, "Constrained Solid-State Foaming of Microcellular Panels" Cellular Polymers, Vol.24 No.2 pp.71~90
4. Young Ho Kim, S.W.Cha and Seo Jung Hwan, 2007, "Foaming features depend on interval time of batch foaming process", KSPE 2007 SPRING CONFERENCE, pp.419~420