

초미세발포 플라스틱의 셀 형태에 따른 커패시턴스 연구 Capacitance on Cell Morphology of Microcellular Foamed Plastics

*김영호¹, 이경수¹, #차성운¹

*Y. H. Kim¹, K. S. Lee¹, #S. W. Cha(swcha@yonsei.ac.kr)¹

¹연세대학교 기계공학과

Key words : Microcellular Foam, Cell Morphology, Cell Distribution, Capacitance, Permittivity

1. 서론

초미세 발포 공법(Microcellular Foaming Process)을 이용한 발포 플라스틱의 경우 발포율이 증가하더라도 유전상수(Dielectric Constant)가 감소하지 않는 현상이 확인되었다. 초미세 발포의 경우 재료의 중합 과정을 통해 발포를 수행하거나 발포제의 화학 반응을 동반하지 않는, 물리적 발포 공법이기 때문에 재료의 조성이나 분자 구조가 변화하지 않는다. 따라서 발포율에 따라 유전상수가 감소하지 않는 현상은 발포를 통해 형성된 셀의 구조로 인해 발생하는 것으로 보는 것이 타당하다.

플라스틱 재료의 유전 현상을 이용하는 분야로는 절연체가 대표적이지만, 솔리드 커패시터의 유전체 등에도 이용된다. 절연체와 달리 유전체는 유전 현상이 크게 일어날수록 즉, 유전상수의 값이 높을수록 전기적 커패시턴스(Capacitance)가 증가하므로 성능이 향상된다. 특히 대형 설비에 이용하는 경우, 커패시터의 크기도 커져야 하기 때문에 발포를 통해 미발포 플라스틱 재료 대비 동등 혹은 이상의 커패시턴스를 얻을 수 있다면 중량과 효율 면에서 유리하게 이용할 수 있다. 또한 전해액을 유전체로 이용하는 커패시터의 경우 온도와 주파수 안정성 및 ESR(Equivalent Series Resistance) 등의 문제로 솔리드 커패시터로 전용하려는 최근에 추세에도 이용할 수 있다.

본 연구에서는 초미세 발포 플라스틱의 전기적 커패시턴스를 확인하고 커패시턴스의 변화의 이유를 발포된 셀의 형태적 분석을 통해 고찰하였다. 이를 통해 커패시턴스 향상에 유리한 셀 형상과 이에 필요한 조건을 도출하였다.

2. 실험

실험에 이용한 재료는 범용성 높은 재료인 ABS 플라스틱 수지를 선정하였다. 발포 공정은 시트 형태의 재료를 이용하여 일괄처리 공정을 통해 수행하였다. 일괄처리 공정은 포화 공정(Saturation Process)과 발포 공정(Foaming Process)의 두 가지 공정을 순차적으로 수행하는 발포 공법으로 재료를 용융시키지 않은 채로 발포체를 성형하기 때문에 Solid State Foaming 이라고 부르기도 한다. 포화 공정과 발포 공정의 조건은 Table 1 과 Table 2 에 각각 나타내었다.

Table 1 Saturation Conditions

Saturation Conditions	
Blowing Agent	CO ₂
Saturation Pressure [MPa]	5.5
Saturation Temperature [°C]	Room Temperature (25±3)
Saturation Time [hrs.]	24

Table 2 Foaming Conditions

Foaming Conditions	
Foaming Media	Glycerin
Foaming Time [sec.]	40
Foaming Temperature [°C]	30/40/50/60/70/80/90

제작한 시편은 디스크 형태로 가공하여 Dielectric Spectrometer 로 직접 커패시턴스를 측정하였다.

셀 형태의 확인은 SEM 으로 시편의 단면을 촬영한 후 이미지 프로세싱을 통해 셀 크기와 분포를 정리하였다.

3. 결과 및 고찰

발포 온도가 증가할수록 ABS 의 발포율도 증가하였다. 그러나 Fig. 1 에서 확인할 수 있듯이 발포율 증가와 커패시턴스 변화는 비례하지 않았으며 알려진 유전상수 변화와 동일한 경향을 나타내었다.

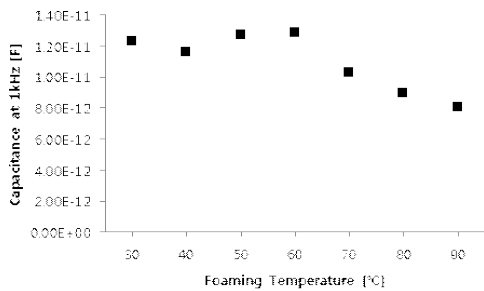


Fig. 1 Capacitance of Microcellular Foamed ABS at 1kHz

발포된 ABS 시편의 SEM 단면 형상은 Fig. 2 에 나타내었다. 이를 정량적으로 정리한 셀 분포의 결과는 Fig. 3 에 나타내었다. 커패시턴스가 높게 나온 30°C~60°C의 발포 온도 조건에서는 작은 셀의 개수가 많았으며 가장 큰 셀의 크기도 단면 기준 $3 \mu\text{m}^2$ 을 넘지 않음을 확인할 수 있다.

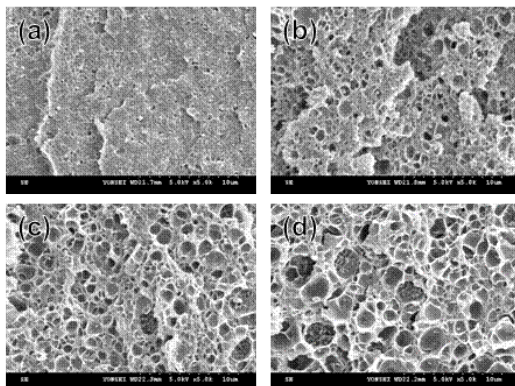


Fig. 2 SEM image of Microcellular Foamed ABS foamed at (a)30°C, (b)50°C, (c)70°C, (d)90°C

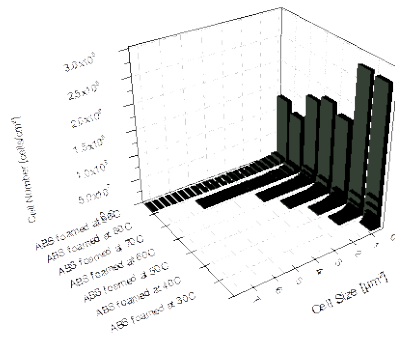


Fig. 3 Cell Distribution of Microcellular Foamed ABS

4. 결론

초미세 발포 공법을 이용하여 ABS 플라스틱 수지의 발포 시편을 제작하였고, 커패시턴스와 발포된 셀의 형태를 확인하였다. 이를 통해 높은 커패시턴스를 갖는 발포 조건은 작은 셀의 함량이 많고 가장 큰 셀의 크기가 단면적을 기준하여 $3 \mu\text{m}^2$ 임을 확인할 수 있었다. 추후 실제 커패시터 유전체로 이용되는 에스테르족 플라스틱 수지에 대한 연구가 필요하다고 생각되며 관련한 모델의 수립 등 이론적 관점의 접근이 필요하다.

후기

이 논문은 2012년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임. (No. 2010-0011337)

참고문헌

1. Young Ho Kim, Sung Woon Cha, Jeonghun Ahn & Soo Hyun Cho “Studies of the Variation in the Dielectric Constant and Unique Behaviors with Changes in the Foaming Ratio of the Microcellular Foaming Process,” Polymer-Plastics Technology and Engineering, 50:8, 762-767, 2011
2. Cha. S. W., “A microcellular foaming / forming process performed at ambient temperature and a super microcellular foaming process,” Ph.D. Thesis in Mechanical, 1994