

Polymer형 내열성 PTC 소재의 특성 연구

강영구, 곽봉신*

호서대학교 안전공학부, 호서대학교 대학원*

1. 서론

전도성 충전제가 포함된 결정성 고분자내에 대전류가 흐르게 될 경우 Joule 효과로 소재자체의 발열현상이 발생하며 온도가 증가함에 따라 고분자의 용융점 부근에서 급격한 열팽창으로 인하여 고분자 내에 분포되어 있던 전도성 충전제 입자사이의 간격이 증가하게 되며 전자들의 흐름이 방해받게 된다. 이에 따라 전기저항이 커져 전류의 흐름이 감소되는 현상이 발생하며 이를 PTC(Positive Temperature Coefficient)라 하고 온도 증감에 따른 전도성 충전제 간의 electron tunnelling과 고분자의 결정변화에 의해 민감한 전기저항변화 특성을 나타낸다.

이러한 PTC 소자는 ceramic의 curie 온도에서 전기저항이 급격히 증가하는 현상의 발견후 지속적으로 연구되어 ceramic PTC 소자가 양산되어 왔으나 최근 고분자 PTC 소재는 세라믹 재료보다 성능 및 가공성의 향상, 낮은 cost, 용도에 따라 형상 변형이 자유롭다는 장점을 가지고 있는 polymer PTC 소자로서 LDPE, HDPE, PP, PS 등에 carbon black, 전도성 fiber, metal powder 등을 혼합성형하여 약 120~150°C의 온도범위에서 작동되는 PTC 소자가 개발되어 사용되고 있다.

그러나 이들 polymer PTC 소자는 약 150°C 정도의 작동범위 및 사용한계온도에 의해 온도증가에 따라 고분자 자체의 열화 또는 소자의 파손이 발생된다는 단점을 가지고 있어 본 연구에서는 고온에서 사용할 수 있는 결정성 고분자와 다종의 carbon black, 각종 additives를 혼합하여 PTC 소재를 성형하고 200°C 이상의 고온영역에서의 과전류방지, 과전압방지 등의 특성에 의해 전기기기의 이상 전류 및 전압에 의한 전기화재의 위험성을 방지하고 자체 복귀형 퓨즈의 역할을 함으로써 고가의 전자장비의 보호용 소자로서 사용가능한 내열 polymer PTC 특성에 대해 연구하였다.

2. 실험 장치 및 방법

2.1 원료의 기본물성

내열 Polymer PTC 소자를 성형하기 위한 고분자 matrixs는 PPS(S사)와 PBT(S사)를 사용하였다. 전도성 Carbon black으로는 Granule type의 acetylene

black(Denka 사)과 Printex XE-2(Degussa 사)로 높은 전기전도성을 가지고 있다. Carbon black의 표면 개질로 고분자와의 결합력 향상 및 고유저항을 감소시키기 위해 titanate coupling agent(LICA 38)를 첨가함으로써 초기저항 값이 낮은 내열성 고분자 PTC 소재를 형성할 수 있다.

2.2 PTC소자의 성형 및 코팅

PPS와 PBT를 vaccum drying oven(Jeio-Tech, VO-20X)에서 105℃, 24hr 건조하여 LICA 38(Kenrich)의 IPA 용액으로 표면개질된 20wt(%), 30wt(%)농도의 Denka black과 Printex XE-2를 banbury mixer(Hanseen Mechatronics)에서 혼합하여 extruder(Hussmann GmbH, Germany)에 가하여 pellet화 하였다. 금형은 도는 각각의 고분자 소재에 대해 PPS 320℃, PBT 250℃로 유지하여 60×60×2t의 PTC 소재를 성형하였다. 성형된 PTC 소재를 10×10×2t로 절단한 후 약 5μm 주석도금된 Cu foil에 열압착하여 전주평판을 부착하고 lead 단자를 Soldering하여 PTC 소자를 형성하였다. PTC 소자의 Coating agent로 Silox CE-77 DK814(Nippon Pelnox Co.)를 K-7064와 100 : 1의 비율로 혼합하여 점도를 xylene으로 조정한 후 100μm로 1차 coating하여 5min간 상온 건조하였다. 100μm으로 2차 coating하고 15min간 상온건조하여 60℃에서 25min간 1차 curing 후 150℃에서 90min간 2차 curing 하여 제작하였으며 Fig. 1은 제작된 내열 polymer PTC 소자의 형태를 나타낸다.

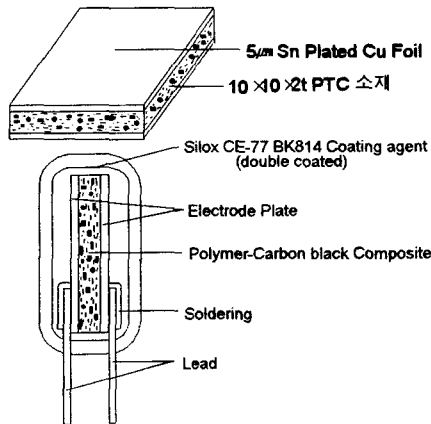


Fig. 1. Prospective drawing of the heat-resistant polymer PTC device

2.3 Volume Resistivity의 측정

Si oil이 채워진 oil bath에 침적시켜 Magnetic stirrer(KINEMATIC, RCT S

24)에 의해 약 20℃/min의 속도로 240℃까지 증가시키며 Multimeter(Tektronix, TEK DMM870)를 사용하여 전기저항 변화를 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

결정성 고분자 PPS, PBT와 carbon black Denka, Printex XE-2를 통해 제조된 내열 polymer PTC 소자의 volume resistivity는 carbon black의 함량에 따라 변화를 가지며 결정성 고분자에 따라서 PTC 현상의 차이를 알 수 있다.

Fig. 2와 같이 Denka가 혼합된 소자의 volume resistivity는 20~190℃까지 낮고 일정한 증가 후 200℃에서 큰 변화를 나타내며 230℃의 온도영역에서 PTC 효과를 나타내었다.

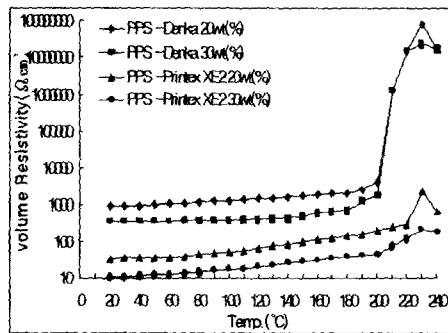


Fig. 2. Volume resistivity vs temp. curves for PPS

Fig. 3은 PPS에 비해 낮은 melting point를 가지고있어 약 170℃에서 volume resistivity의 큰 변화와 200℃부근의 영역에서 PTC 현상을 보였다.

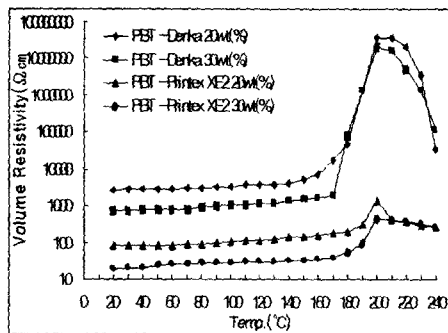


Fig. 3. Volume resistivity vs temp. curves for PBT

4. 결론

본 내열 Polymer PTC 소자를 Denka black과 Printex XE-2를 PPS와 PBT에 첨가, 성형하여 PTC현상에 대해 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 내열 polymer PTC 소자의 초기저항은 carbon black의 동함량에서 Printex XE-2가 낮으나 PTC 효과가 작아 소자로서 사용에 부적합함을 보였으며 Denka black의 경우 예민한 PTC curve를 나타낸다.
- 2) PPS와 PBT로 성형된 내열 polymer PTC 소자는 고분자 matrix에 따라 PTC 효과에 의한 작동온도가 PPS는 230℃, PBT는 200℃로 서로 다름을 나타내어 이상전류 차단 소자로서의 뛰어난 성능을 나타낸 내열 Polymer PTC 소자임을 보여주었다.

5. 참고문헌

- 1) K. Ohe, Y. Natio, Japanese J. Appl. Phys., 10, 99, 1971.
- 2) J. Meyer, Polym. Eng. Sci., 13, 462, 1973.
- 3) J. B. Donnet, R. C. Bansal, M. J. Wang, Carbon black Science and Technology, Marcel Dekker, USA, 1993.
- 4) J. Meyer, Polym. Eng. Sci., 14, 706, 1974.
- 5) H. P. Kung, US patent 5,484,837, 1996.
- 7) J. Meyer, "Stability of Polymer composites as Positive-Temperature -Coefficient Resistors", polym. Eng. Sci., 14, 1974.
- 8) M. Narkis, A. Ram. Z. Stein, "Electrical Properties of Carbon Black Filled Crosslinked Polyethylene", polym. Eng. Sci., 21, 1981.
- 9) C. D. Han, C. Sandford, H. J. Yoo, " Effects of Titanate Coupling Agents on the Rheological and Mechanical Properties of Filled Polyolefins", polym. Eng. Sci., 18, 1978.