

탄소분말을 함유한 도전성 고분자 PTCR의 전기적 특성

김경중, 이재원, 김영혁, 김성훈, 최문석, 이재신

울산대학교 첨단소재공학부

Electrical properties of conducting polymer PTCR containing carbon powders

Kyung-Jong Kim, Jae-Won Lee, Young-Hyeok Kim, Sung-Hoon Kim, Mun-Seok Choi, and Jae-Shin Lee

School of Materials Science & Engineering, University of Ulsan

Abstract : We investigated the electrical properties of polymer-carbon composite materials for temperature sensitive resistor applications. Cu/polymer/Cu sheets were fabricated by laminating low density polyethylene(LDPE) containing carbon powders. Weight ratio of carbon powder to LDPE was varied in a range of 0.9~2. With increasing the carbon concentration, the electrical resistance of the composite material was decreased from 0.75 to 0.08 Ω cm. The composite layer showed a abrupt increase in the electrical resistance at 115°C because of the softening of the polymer.

Key Words : Conducting polymer, Surge arrester, PTCR, carbon powders

1. 서론

전자제품의 과전류 보호용으로 사용되는 일반적인 용단 fuse는 과전류가 흘렀을 때 용단되어 과전류가 차단되는 1회용 보호소자로서 제품의 재동작을 위해서는 용단 fuse의 교체가 불가피하다.[1] 또한 용단 fuse는 스위치를 켜고 끄는 반복동작과 순간적으로 plug를 잘못 연결하여 생기는 surge 전류에 의해서도 손상되는 경우가 있다. 그리고 용단 fuse나 그 외의 과전류 보호소자는 진동, 습기, 먼지 등의 열악한 환경조건에서 취약하다. 이러한 문제점을 해결하고자 부품의 교체 없이 반영구적으로 반복 사용할 수 있으며 각종 전자제품의 회로 보호용으로 사용할 수 있는 자기 복구형 fuse가 있다.[2] 이러한 자기 복구형 fuse 용으로 전도성 고분자 소재가 주로 사용되고 있으며, 과전류에 의해 발생하는 Joule열에 의해 저저항체에서 고저항체로 변하는 특성을 가지고 있다.[3] 그러나 이와 같은 전도성 고분자의 전기적 특성에 대한 연구가 부족한 상태이며 고분자 복합소재의 제조방법과 전기적 특성을 연구할 필요가 있다. 본 연구에서는 탄소분말을 함유한 LDPE 고분자 박판을 제조하여 전기적 특성의 온도의존성을 살펴보았다.

2. 실험

LDPE(low density polyethylene), 탄소분말 (Carbon black powder, Ketjen EC 600 JD powder), 용매 (Benzene, Cyclohexane), 분산제를 표1의 실험조건과 같이 각각 평량하였다. LDPE를 용매에 넣고 50~70°C로 가열하여 용해 후 탄소분말과 분산제를 첨가하여 LDPE, 탄소분말을 용매에 균일하게 분산하였다. 용매를 추출하기

위하여 상온에서 건조하고 건조되어진 원료 분말을 미분쇄하여 110~240°C의 온도에서 2000~4000psi 압력으로 0.5 μ m 두께의 금속박 사이에 미분쇄한 원료분말을 넣고 적층한 후 시편을 3x12mm의 일정 크기로 절단하여 Multimeter(Keithley)를 이용하여 전기저항의 온도의존성을 측정하였다.

표 1. 실험조건

실험 변수	적용 조건
LDPE 첨가량(g)	2
Carbon 첨가량(g)	1.8~4
용매(g)	60
분산제 함량(wt.%)	5
Lamination 고체량(g)	4
Lamination 온도(°C)	110~240
Lamination 압력(psi)	2000~4000

3. 결과 및 검토

그림 1은 탄소와 LDPE 함량에 따른 상온비저항과 상온 비저항의 10배 되는 온도를 나타낸 그래프이다. C/LDPE 중량비를 0.9, 1.1, 1.3, 2로 변화시켰다. 상온비저항은 탄소의 함량이 높을수록 낮은 경향을 나타내었다. 탄소의 중량비가 0.9와 1.1 시편에서 상온비저항의 변화가 확연히 나타났으며 1.1, 1.3, 2 시편에서는 낮아짐을 확인하였다. 비저항이 10배로 증가하는 온도는 탄소의 함량이 증가할수록 낮은 온도에서 나타났으며, 탄소의 중량비가 1.3 이상의 시편에서는 비저항의 변화가 없었다.

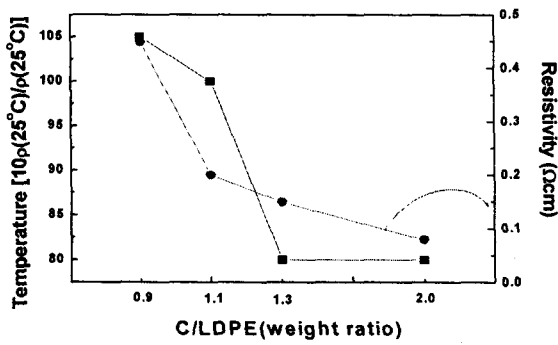


그림 1. 탄소와 LDPE의 중량비에 따른 초기비저항

그림 2는 탄소와 LDPE 중량 비율에 따른 온도에 대한 비저항변화를 나타낸 그래프이다. 탄소의 중량비가 1.1, 1.3 시편은 110~120°C 사이에서 비저항이 급격히 변화하였고 탄소의 중량비가 1.3인 시편이 가장 큰 변화를 보였다. 탄소의 중량비가 2인 시편은 미비한 변화를 보인다. 온도가 높아짐에 따라 LDPE가 110°C에서 Joule열에 의해 용해되어 탄소의 연결고리를 끊어주면서 저저항체에서 고저항체로 변하게 된다. 탄소의 중량비가 2인 시편은 높은 탄소의 함량으로 LDPE가 Joule열에 의해 용해되어도 연결고리는 완벽하게 끊지 못하기 때문으로 사료된다.

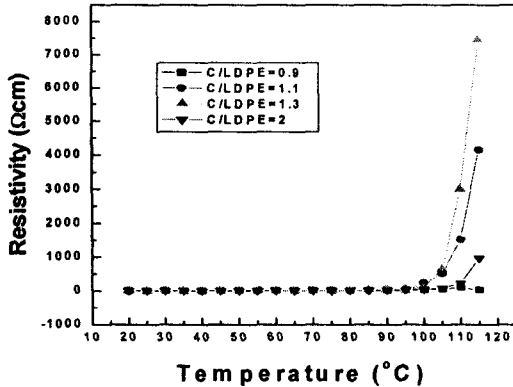


그림 2. 탄소와 LDPE의 중량비에 따른 R-T 변화

그림 3은 일반적으로 Carbon black보다 전도성이 우수한 Ketjen을 분산하여 중량비에 따른 온도별 비저항변화를 나타낸 그래프이다. Ketjen의 중량비의 변화에 따른 비저항 변화는 Ketjen의 중량비가 0.5 일 때가 가장 큰 변화를 가져왔지만 탄소의 중량 변화실험보다는 아주 낮은 비저항변화를 나타내었다. 탄소와 LDPE의 중량비에 따른 R-T변화 그래프와 비교하면 비교적 완만한 변화를 보이고 있으며 Joule열에 의해 용해되어 탄소의 연결고리를 끊어주면서 저저항체에서 고저항체로 변하게 되는 온도 구간은 비슷하지만 변화의 폭이 작음을 알 수 있다. 이는 Carbon black보다 Ketjen의 전도성이 매우 우수하기 때문에 연결고리가 일부만 남게 되어도 전도성을 보이기 때문이다.

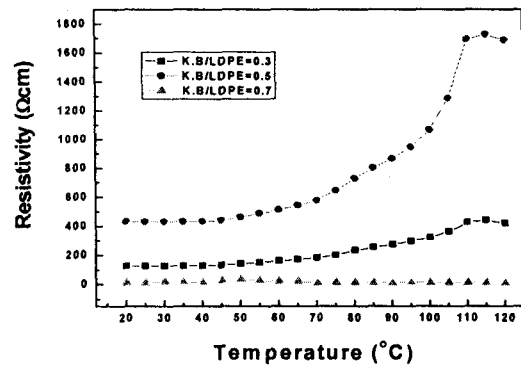


그림 3. Ketjen과 LDPE의 중량비에 따른 R-T 변화

4. 결론

LDPE, 카본분말(Carbon black powder, EC 600 JD powder), 용매(Benzene, Cyclohexane), 분산제를 평량하여 Lamination 한 후 냉각을 통하여 만들어진 시편을 R-T로 측정된 결과, 탄소와 LDPE의 중량비에 따른 온도별 비저항변화는 탄소의 중량비가 1.1, 1.3 시편은 110~120°C 사이에서 비저항이 급격히 변화하였고 탄소의 중량비가 1.3의 시편이 가장 큰 변화를 보였다. 이를 토대로 전도성이 기존의 Carbon black보다 우수한 Ketjen을 분산하여 중량비에 따른 온도별 비저항변화는 Ketjen의 중량비가 0.5 일 때 가장 큰 변화를 가져왔지만 탄소의 중량비 변화실험보다는 아주 낮은 비저항값을 나타내었다. 고분자 복합소재는 LDPE의 연화온도인 115°C에서 급격한 저항의 증가를 나타내었으며, 탄소와 LDPE의 중량비율이 1.3 일 때 가장 높은 PTCR 값을 나타내었다.

감사의 글

본 결과물은 교육인적자원부, 산업자원부, 노동부의 출연금 및 보조금으로 수행한 회우수실험실지원사업의 연구결과입니다.

참고 문헌

- [1] E. Lebedev, S. Forero, W. Brutting and M. Schwoerer, *Synthetic Metals*. **111**, 345 (2000).
- [2] Takashi Hasegawa, and Kazuhide Morino, *Macromolecules*. **39**, 487 (2006).
- [3] Richard D. Ashby, Fengying Shi, and Richard A. Gross, *BIOTECHNOLOGY AND BIOENGINEERING*. **62**, January 5, (1999).