

EEA/Acetylene Black 복합체의 유전특성과 점탄성에 관한 연구

이경용, 양종석, 최용성, 남종철*, 성백룡*, 박동하*, 박대희
원광대학교, 대양소재*

A Study on the Dielectric Properties and Viscoelasticity of EEA/Acetylene Black Composites

Kyoung-Yong Lee, Jong-Seok Yang, Yong-Sung Choi, Jong-Chul Nam*, Baek-Ryong Sung*, Dong-Ha Park* and Dae-Hee Park

Wonkwang University, DaeYang Material Co. LTD*

Abstract : To measure electrical properties and viscoelasticity of semiconducting materials in power cable, we have investigated dielectric properties and modulus of EEA/acetylene black composite showed by changing the content of acetylene black. The permittivity from experimental result was increased, while $\tan \delta$ was decreased by an increment of the content of acetylene black. The modulus of specimens was increased according to a increment of a acetylene black content. And modulus was rapidly decreased at the glass transition temperature. The $\tan \delta$ of specimens was decreased according to a increment of a acetylene black content.

Key Words : Semiconducting Materials, Acetylene Black, Permittivity, $\tan \delta$, Modulus

1. 서론

전력케이블의 반도체층은 전계분포의 균일화를 이루고 산화성이 강한 금속과 고분자의 직접적인 접촉을 방지하는 등 긍정적인 역할을 한다. 그러나 기존의 반도체 재료에는 여러 종류의 불순물이 섞여 있다[1]. 이러한 불순물들은 소위, 아세틸렌블랙이라 불리는 반도체층의 충전재에 다량 함유되어 있다. 이와 같이 불순물들은 반도체층의 전계분포 불균등화, 부분방전, 연면방전, 내부 보이드 및 수트리 등을 발생시켜, 전력케이블의 전기적 및 기계적 특성이 불량해져 경년변화에 대응치 못하고 사고가 자주 발생한다 [1, 2]. 따라서 본 논문에서는 반도체층의 주재료인 EEA와 아세틸렌블랙의 변량에 따른 EEA/acetylene black 복합체의 전기적 특성을 파악하고자 복합체에 대한 유전특성을 측정하였고, 이후 DMA를 사용하여 복합체의 탄성율을 측정하였다.

2. 시료 및 실험 방법

2.1 시편제작

본 논문에서는 EEA(Ethylene Ethyl Acrylate, Mitsui Dupont)를 기본재료로 사용하였는데 이들 재료의 조성비는 표 1과 같다.

표 1. 시편들의 조성

Unit: wt%

종류	EEA	acetylene black	첨가제	가교제	합계
#1	78.2	20	1.3	0.5	100
#2	68.6	30	0.6	0.5	100
#3	58.9	40	0.6	0.5	100

2.2 실험방법

EEA 복합체의 유전율 및 $\tan \delta$ 는 NOVOCONTROL사의 유전열 분석기(DETA: dielectric thermal analyzer)를 사용하여 측정하였다. 시편을 원형 전극간에 끼워 시험셀 내에 설치한 후, 셀 내의 온도를 $-50[^\circ\text{C}] \sim 100[^\circ\text{C}]$ 에서 주파수는 $10 \sim 100000\text{Hz}$ 에서 측정하였다. 시편들의 저장 탄성률(storage modulus), 손실 탄성률(loss modulus) 및 손실 탄젠트($\tan \delta$)를 측정하기 위해 도입된 장비는 동역학적 열분석기(DMA 2980: Dynamic Mechanical Analysis)이다. 본 실험에서 측정온도 범위는 $-50[^\circ\text{C}]$ 에서 $100[^\circ\text{C}]$ 까지이고, 승온속도는 $4[^\circ\text{C}/\text{min}]$ 이었다. 그리고 시편에 인가된 주파수는 $1[\text{Hz}]$ 이었다.

3. 결과 및 고찰

3.1 유전율과 $\tan \delta$

그림 1은 $10 \sim 100000[\text{Hz}]$ 에에서 온도의 변화에 따른 EEA 복합체의 유전율을 나타내고 있다. 그림 1에서 시편들은 고주파수로 갈수록 유전율의 감소가 일어나는 것을 알 수 있다. 그림 1에서 아세틸렌블랙의 함량이 증가할수록 유전율도 함께 증가하는 것을 알 수 있다. 이것은 전계 및 주파수의 변화에 신속히 반응할 수 있는 아세틸렌블랙 내 극성분자(전하)들이 증가하였기 때문이라고 사료된다 [3-6].

3.2 Modulus

그림2는 $-50[^\circ\text{C}]$ 에서 $80[^\circ\text{C}]$ 까지의 온도 범위에서 아세틸렌블랙의 함량과 온도에 따른 저장 탄성률(storage modulus), 손실 탄성률(loss modulus) 그리고 에너지 손

실 ($\tan \delta$)을 나타내고 있다. 본 실험은 고분자 물질이 지니는 특징인 점탄성에 기초를 두고 있다.

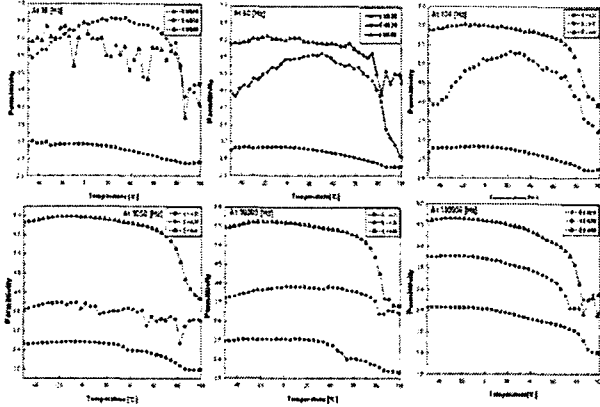


그림 1. 10~100000[Hz]에서 온도 변화에 따른 EEA/acetylene black 복합체의 유전율

그림 2에서 알 수 있듯이 저장탄성률과 손실탄성률은 아세틸렌블랙의 함량이 증가함에 따라 증가하고 있다. 온도 상승에 따라 약간의 정체를 보이던 저장 탄성률은 약 $-20[^\circ\text{C}]$ 이후부터 급격하게 감소하고 있다. 또한 손실탄성률의 피크도 $-20[^\circ\text{C}]$ 부근에서 가장 높게 나타나고 있다. 이후 시편들은 비슷한 온도에서 저장탄성률의 급격한 감소를 보이다가 약 $40[^\circ\text{C}]$ 이후부터 서서히 감소하고 있다. 위 결과로부터 EEA40이 가장 높은 저장 탄성률과 손실탄성률을 나타냈다. 그림 2에서 시편들은 아세틸렌블랙의 함량이 증가함에 따라 $\tan \delta$ 가 감소하는 것을 알 수 있다. 즉, EEA40이 가장 우수한 특성을 보이고 있음을 알 수 있다 [6-8].

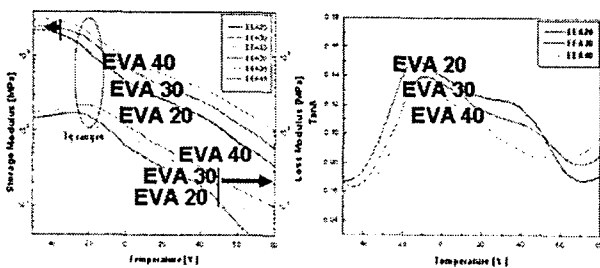


그림 2. 아세틸렌블랙의 함량에 따른 EEA/acetylene black 복합체의 Modulus와 $\tan \delta$

4. 결론

EEA 복합체는 쌍극자 분극에 의해 고주파수로 갈수록 유전율이 서서히 감소함을 알 수 있었다. 또한 아세틸렌블랙의 함량이 증가할 수록 유전율도 함께 증가하였다. 이것은 전계 및 주파수의 변화에 신속히 반응할 수 있는 아세틸렌블랙 내 분자들이 증가하였기 때문이라고 사료되었다. 그리고 시편들은 EEA 복합체의 용융온도 $70[^\circ\text{C}]$ 이후부터 유전율이 급격히 감소하는 온도의존성을 나타내었다.

Modulus 실험에서 저장탄성률과 손실탄성률은 아세틸렌블랙의 함량이 증가함에 따라 함께 증가하는 것을 알 수 있었다. 온도 상승에 따라 약간의 정체를 보이던 저장 탄성률은 약 $-20[^\circ\text{C}]$ 에서 급격하게 감소하는 것을 알 수 있었다. 또한 손실탄성률의 피크도 $-20[^\circ\text{C}]$ 부근에서 가장 높게 나타나고 있다. 이 구간은 재료들이 열로써 에너지를 소비하는 구간이었다. 이러한 현상이 나타나는 이유는 유리전이온도 때문이었다. 위 결과로부터 EEA40이 가장 높은 저장 탄성률과 손실탄성률을 나타냈다.

마지막으로 저장탄성률 대 손실탄성률의 비인 $\tan \delta$ 를 알아보았다. 시편들은 아세틸렌블랙의 함량이 증가함에 따라 $\tan \delta$ 는 감소하는 것을 알 수 있다. 이로써 EEA40이 열적 및 기계적으로 우수한 특성을 보이고 있음을 알 수 있었다.

감사의 글

본 논문은 산업자원부에서 시행하는 대학전력연구센터 육성·지원사업(1-2004-0-074-0-00)에 의해 작성되었습니다. 이번 연구를 지원해 주신 분들에게 감사의 말씀을 전해드립니다.

[참고 문헌]

- [1] 한재홍, 김상준, 권오형, 강희태, 서광석, "반도전층 내 불순물이 전력케이블의 신뢰도에 미치는 영향", 대한전기학회 논문지, Vol. 46, No. 1, pp. 19-27, 1997.
- [2] 전용구, 김재경, 함덕순, 김진석, "EEA의 Vinyl Acetate 함량변화에 따른 열적-기계적 성질 실험", Polymer(korea), Vol. 15, No. 4, pp. 402-410, 1991.
- [3] 박정호, 윤영섭, 이상렬, 이승기, 이준신, 전자재료 물성 및 소자, 2002, pp. 3-170.
- [4] J. Hjerrild, J. Holboll, M. Henriksen, S. Boggs, "Effect of semicon dielectric interface on conductivity and electric field distribution", IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation, Vol. 9, No. 4, pp. 596-693, Aug. 2002.
- [5] Technical Report S-39, "Conductive Carbon Black in Plastics", Cabot Corporation.
- [6] 김성철 외, 고분자공학I, 회중당, 1994, pp. 2-337.
- [7] 전용구, 김재경, 함덕순, 김진석, "EEA의 Vinyl Acetate 함량변화에 따른 열적-기계적 성질 실험", Polymer(korea), Vol. 15, No. 4, pp. 402-410, 1991.
- [8] A. Marcilla, F. J. Sempere, J. A. Reyes-Labarta, "Differential scanning calorimetry of mixtures of EVA and PE. Kinetic modeling", Polymer, Vol. 45, No. 14, pp. 4977-4985, 2004.