

CNT/EEA를 사용한 반도체 재료의 열안정성에 관한 연구

양 훈¹, 양종석², 국정호³, 방정환⁴, 박대희¹
 원광대학교¹, (주)대양소재², 전북대학교³, 서남대학교⁴

A Study on the Thermal Properties of Semiconductive Shield Materials using CNT/EEA

Hoon Yang¹, Jong-Seok Yang², Jeong-Ho Kook³, Jeong-Hwan Bang⁴, Dae-Hee Park¹
 Wonkwang University¹, Daeyang Material Co.,Ltd², Chonbuk University³, Seonam University⁴

Abstract : In this paper, we investigated resistant immunity of semiconductive shield materials in power cables' ordinary operation temperature. It used EEA(Ethylene Ethyl Acrylate) in base polymer and measured TGA(Thermal Gravimetric Analysis) in controlling contents. It increased pyrolysis temperature in content increment of CNT(Carbon Nanotubes). As a result, we knew superiority that CNT:CB is 10:0

Key Words : CNT, EEA, TGA, Thermal

1. 서론

재료의 크기가 줄어들어서 나노 크기가 되면 특성이 변하게 된다. 이러한 변화로 인해서 기존 재료와는 현저하게 다른 특성을 나타내게 되며, 이러한 특성을 이용하여 더욱 우수한 특성을 갖는 소재를 개발하고 이것을 활용하는 연구가 활발하게 이루어지고 있다[1]. 하지만 지중 송배전용 전력케이블을 비롯한 전기 재료분야에서는 이러한 연구가 전무한 상태이다. 전력케이블의 일반적인 경우 도체를 중심으로 도체차폐층(Conductor Shield), 절연층(Insulation), 절연차폐층(Insulation Shield), 중성선(Neutral Wire) 및 외피로 이루어져 있다. 각 층은 제 각기 고유 역할이 있으므로 각 층에 이상 현상이 발생하면 이는 절연층의 절연파괴를 유발하고 더 나아가 전력케이블의 고장으로 이어진다[2]. 최근까지 지중 송배전용 전력케이블의 품질개선 및 수명연장을 위한, 전력케이블의 전기적 현상 및 제반 특성에 대한 많은 연구는 대부분 XLPE 절연층에 국한되어 이루어져 왔다[3,4]. 그러나 본 연구는 전력케이블의 반도체층 재료에 관한 심층적인 분석을 통해 그 중요성을 전달함으로써 반도체층 재료의 역할 및 기능에 대한 새로운 인식을 고취하고자 하였다.

따라서 본 논문에서는 반도체 재료의 열적특성을 알아보고자 TGA(Thermo Gravimetric Analysis, 열중량 분석기)를 사용하였다. Base Polymer로 EEA(Ethylene Ethyl Acrylate)에 CNT(Carbon Nanotubes)와 CB(Carbon Black)의 함량을 조절함으로써, 전력케이블의 반도체층 재료의 본연의 역할을 유지하면서 우수한 열적안정성을 갖는 반도체층 재료를 선정하고자 하였다.

2. 실험

2.1 시편제작

본 논문에서 사용된 반도체층 재료의 시편은 분산성을 향상시키고자 용액 혼합법(Solution Compounding)을 이용하였다. 제조방법은 EEA를 용해시키는 양용매에 첨가하여 EEA용액을 생성한 후, CNT를 양용매에 고르게 분산시켜

분산용액을 생성시켰다. 그 다음 EEA용액과 CNT를 고르게 혼합하여 침전물을 생성시킨 후, 침전물을 여과, 건조, 제거하여 시트형태로 압축한 방식으로 용해 및 분산시킨 다음 혼합함으로 별도의 첨가제가 생략되는 방식이다. 높은 분산성으로 전력케이블의 반도체층 재료로서 열적안정성을 만족시킬 수 있는 방법으로 사료되어 제작하였다.

시편의 종류로는 Base Polymer EEA에 A, B사 제품의 CNT를 1[wt%], 3[wt%], 5[wt%], 10[wt%]의 실험을 하였다. 다른 한 종류로는 CNT와 CB의 혼합비를 10:0, 8:2, 5:5, 2:8, 0:10으로 하였다.

2.2 열중량 분석

TGA는 온도를 증가시켜 일어나는 시료의 무게 변화를 온도, 시간의 함수로 기록하는 방법으로, 조성의 분석, 공중합물의 분석, 열안정성 등을 측정할 수 있는 방법으로써, 특히 열분해 개시온도(Initial Decomposition Temperature, IDT), 최대 중량 감소 시 온도(Temperature of Maximum rate of weight loss, T_{max}), 그리고 활성화 에너지(Ea)등의 측정에 매우 유용한 정량 분석기술이다[5]. 측정온도로는 0[°C]-700[°C]까지이고, 승온 속도는 10[°C/min]으로 진행하였다.

3. 결과 및 검토

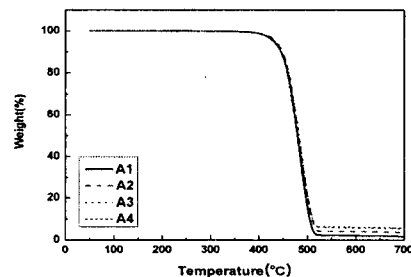


그림 1. A 사 CNT 함량에 따른 TGA 특성

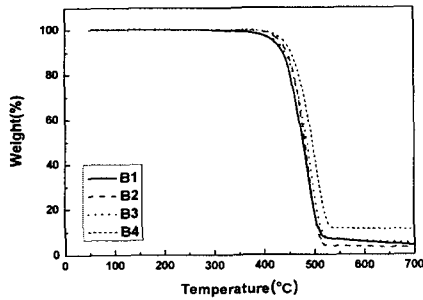


그림 2. B 사 CNT 함량에 따른 TGA 특성

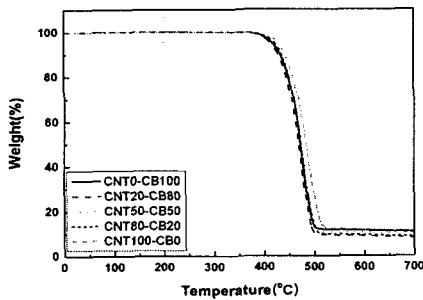


그림 3. CNT, CB함량에 따른 TGA

표 1. A, B사 CNT 함량에 따른 TGA특성

	CNT함량 [wt%]	열분해개시온도 (IDT, °C)	최대중량시감소 (T _{MAX} , °C)	잔류중량 (wt%)
A1	1	431.25	484.04	0.97
A2	3	432.52	483.37	2.88
A3	5	432.74	486.29	4.68
A4	10	433.17	487.77	4.96
B1	1	419.62	484.74	2.61
B2	3	425.99	482.14	2.39
B3	5	427.68	484.71	3.84
B4	10	440.05	482.99	10.65

그림 1과 2는 Base Polymer EEA에 현 시판되는 A, B사의 CNT 함량조절에 따른 TGA 특성이다. A사 CNT(Diameter 30-60nm, Length 10-20um)와 B사 CNT(Diameter 10-15nm, Length 10-20um)에서의 직경에 차이에 의한 열적 안정성을 비교해보려 하였으나, A와 B사의 CNT 함량에 따른 시편들의 TGA curve는 큰 차이가 없음을 알 수 있었다.

표1에서 알 수 있듯이 A사 CNT를 함유한 시편들의 열분해 온도 차이는 적었으나, B사 CNT함량에 따른 시편들은 열분해온도가 419.62[°C]에서 440.05[°C]까지 증가함을 확인 하였다. A, B사의 최대중량감소시의 온도에서는 별다른 차이가 나타나지 않

았다.

그림 3에서는 CNT와 CB의 함량에 따른 TGA특성을 알아보았다. CNT의 함량증가에 따라 열분해개시 온도가 417.42[°C]에서 428.56[°C]까지 증가함을 확인하였다.

표 2. Dual Filler System TGA 특성

CNT:CB 함량	열분해개시온도 (IDT, °C)	최대중량시감소 (T _{MAX} , °C)	잔류중량 (wt%)
CNT:CB=0:100	417.42	477.03	10.62
CNT:CB=20:80	422.65	479.75	8.45
CNT:CB=50:50	422.51	478.33	9.61
CNT:CB=80:20	422.65	479.75	8.45
CNT:CB=100:0	428.56	482.25	11.02

4. 결론

본 실험에서는 A, B사의 CNT의 함량에 따른 TGA특성을 알아보았다. 최대중량 감소온도에서는 별다른 변화가 없었다. CNT의 함량증가에 따른 A사 시편은 431.25-433.17[°C], B사 시편은 419.62-440.05[°C]까지의 증가를 보였다. 듀얼필러 시스템에서도 CNT의 함량에 따른 열분해 온도가 417.42-428.56[°C]까지의 증가를 보였다. CNT:CB=100:0 인 시료가 가장 높은 열분해 온도를 가짐으로서 열적으로 가장 안정한 적정함량임을 알 수 있었다.

감사의 글

본 연구는 산업자원부의 지원에 의하여 기초연구원(R-2005-7-100) 및, 산업자원부에서 시행하는 대학전력연구센터 육성, 지원사업(I-2004-0-074-0-00)에 의해 작성되었습니다.

참고 문헌

- [1] 김현철, "탄소나노튜브를 첨가한 나노 복합재료의 기계적/물리적 특성 변화 연구" pp. 1-2, 2002
- [2] M. t. Shaw and S. H. Shaw, "Water Treeing in Solid Dielectrics", IEEE Trans. Elec. Ins., Vol. 19, pp. 419-452, 1993
- [3] 한재홍, 김상준, 권오형, 강희태, 서광석, "반도전층 내 불순물이 전력케이블의 신뢰도에 미치는 영향", 전기학회논문지, Vol.46, No.1, pp.19-27, 1997.
- [4] 한재홍, 송일근, 임장섭, 이동영, "전력케이블용 반도체재료의 설계기술", 전기전자재료학회 논문지, Vol.13, No.2, pp.12-17, 2000.2
- [5] Soo-Jin Park, Hwa-Young Lee, Mi-Jeong Han and Sung-Kwon Hong, "Thermal and Mechanical interfacial properties of the DGEBA/PMR-15 blend system" Journal of Colloid and Interface Science, Vol. 270, Issue 2, pp. 288-294, 2004.