

**Karl Fischer를 통한 전력케이블용 반도체 Composite 특성 연구**

양 훈<sup>†</sup>, 박대희  
원광대학교 전기전자 및 정보공학부

**A Study on the Property of Semiconductive Shield Composite through Karl Fischer Method in Power Cable**

Hoon Yang<sup>†</sup>, Dae-Hee Park  
Department of Electrical Electronic & Information, Wonkwang University

**Abstract** - In this paper, we have investigated water content of semiconductive shield materials for power cables. EEA(Ethylene Ethyl Acrylate) is used polymer matrix. And filler is used CNT(Carbon Nanotube) and CB(Carbon Black). EEA, CNT and CB is favor moisture. In case of EEA, it has polyolefin resin that strong polarity combination. To research water content, experimental method used KF(Karl Fischer). KF method is Electrochemical titration based on chemical reaction. As a result, specification by KEPCO(Korea Electric Power Corporation) is lower than 800ppm. CNT and CB ratio of 80 versus 20 is best specimen that had lowest moisture content. It seem likely to increase crosslinking rate, CNT between CB.

의 시트형태로 제조하였다. 이러한 방법은 필요한 특성을 발현하기 위한 고분자와 충전제에 분산을 위한 또 다른 첨가제를 사용하지 아니하는 방법이며, 분산성이 우수하여 전력케이블용 나노 복합재료로써 만족시킬 수 있다.

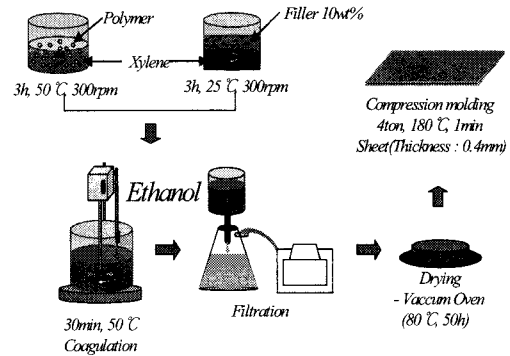


그림 1. 용액혼합법에 의한 시편 제작과정.

**1. 서 론**

복합재료란 서로 성질이 다른 재료를 섞어서 그 목적에 맞게 특성을 발현하도록 하는 재료로 이루어질 수도 있으며 두 물질의 결합을 통해 경량성, 설계유연성, 내식성, 피로저항성, 치수안정성 등 추가의 기능을 부여한 신소재를 말한다[1-2]. 이 중 전력케이블용 복합재료로는 EBA+CB, EVA+CB등과 같은 형태를 지닌다.

현재 우리가 사용하고 있는 전력케이블은 일반적인 경우 도체를 중심으로 도체차폐층(Conductor Shield), 절연층(Insulation), 절연차폐층(Insulation Shield), 중성선(Neutral Wire) 및 외피로 이루어져 있다. 각 층은 각기 고유의 역할이 있으며 각 층의 재료가 이상현상을 보이면 이는 결국 절연층의 절연과괴를 유발하고 전력케이블의 고장으로 이어진다[3].

여기서 도체차폐층과 절연차폐층은 반도체층이라 말하며, EVA(Ethylene Vinyl Acetate) 및 EEA(Ethylene Ethyl Acrylate)등의 올레핀계 고분자에 다량의 전도성 카본블랙, 산화방지제, 활제 및 계면활성제등의 첨가제를 혼합하여 제조한다.

이러한 반도체층은 체적저항이 약  $10^{12} \sim 10^{14} \Omega \cdot \text{cm}$ 인 얇은 고분자 층으로, 전력케이블의 도선과 고분자 절연층사이에 위치하며, 도체로부터의 전계완화와 도체와 절연체간 직접 접촉점축됨으로써 발생하는 문제들을 완화시키기 위해 사용된다.

그러나, 본래 목적과는 달리 반도체층은 많은 이온성 불순물들을 함유하고 있어 절연층의 절연회화를 가속시킨다. 즉, 반도체층 내에서 절연층으로 확산된 불순물에 열이나 전기적인 스트레스가 집중하여 부분방전이 일어나 전기트리로 성장하여 절연과괴를 일으킨다[4].

매트릭스와 보강제 사이의 흡습특성 영향을 알아보고자 Karl Fischer 방법을 사용하여 보강제의 비율에 따른 5가지 시편들의 영향을 살펴보고자.

**2. 본 론**

**2.1 시편구성**

그림 1에서 보이는바와 같이 고분자 나노복합체의 제조 방법은 용액혼합 및 침전법을 이용하였다. 18[g]의 각 고분자를 400[mL] Xylene에 넣고 50[°C], 300[rpm] 조건으로 3시간 동안 교반하여 4.4[wt%]의 고분자 용액을 준비하였다. 10[wt%]의 탄소나노튜브를 100[mL] Xylene에 분산시켜 20[°C], 300[rpm] 조건으로 3시간동안 교반하여 탄소나노튜브 용액을 준비하였다.

준비된 두 용액을 혼합한 후 50[°C], 300[rpm] 조건하에서 30분동안 교반시켜 균질한 혼합용액을 제조 한 후, 이를 상온에서 교반회전속도가 600[rpm] 이상인 조건에서 에탄올 500[mL]를 서서히 떨어뜨려 응고를 시켰고, 바닥에 형성된 침전물을 여과하였는데, 이 과정에서 Xylene이 완전히 제거될 수 있도록 에탄올을 이용하여 20회 이상 세척하였다.

얻어진 고형물을 80[°C] 진공오븐에서 50시간 건조를 한 후, 180[°C], 0.2[MPa]의 압력으로 1분간 압축성형을 실시하여 두께 0.4[mm]

**2.2 실험방법**

Karl Fischer 시약은 물과 선택적이며 정량적인 반응을 하는 것을 이용하는 것으로 시약은 I<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, Pyridin 및 CH<sub>3</sub>OH로 되어 있는데, 물과의 반응은 다음과 같은 이단으로 되어 있다. 즉 1몰의 요오드는 물과 그림 2와 같이 반응하며, 시편들의 흡습특성을 알아보기 위해 사용된 장비는 Karl Fischer(mitsubishi, CA-06)를 도입하였다.

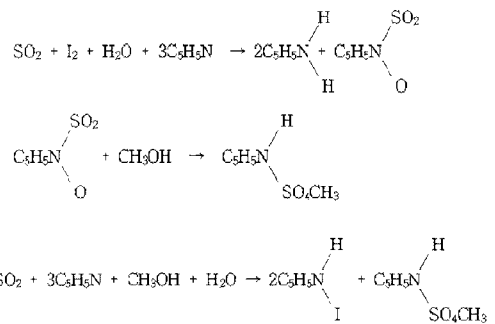


그림 2. 요오드와 물과 반응 구조도.

**3. 결과 및 도찰**

본 실험에서 사용된 복합재료는 강한 극성결합을 갖는 폴리올레핀 수지가 사용되었다. 이러한 극성 고분자들은 젖음성 및 친수성을 가져 수분과 활발한 반응을 한다. 또한 충전제로 사용하는 카본블랙도 표면에 산소를 함유한 극성 작용기들이 분포하고 있으므로 강한 인력에 의해 수분을 흡입시킨다.

그림 3과 표 1은 흡습 전의 시편들의 흡습량을 나타내었다.

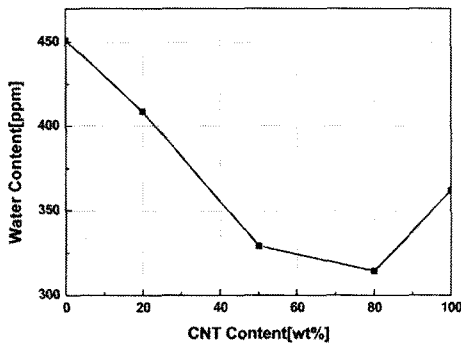


그림 3. 시편들의 Karl Fischer 특성.

CNT:CB=100:0의 경우를 제외하고는 탄소나노튜브의 증가에 따라 흡습량이 증가함을 알 수 있었다. 이것은 이온성 불순물의 영향도 있지만 카본블랙 표면에 존재하는 탄화수소 유도체의 수소원자 일부가 특정한 작용기로 치환되면서 베이스 수지들과의 상호작용에 의한 차이라고 사료된다[6-7].

이러한 재료들이 실제로 전력케이블에 사용된다면 높은 전계와 온도도 인해 수분의 증가율은 더욱더 상승할 것으로 사료된다.

이와 같은 결과는 한국전력공사 CNCV-W 시방서에 따라 수분함량은 800[ppm]이하로 규정되어있다. 본 시편 5가지는 800[ppm]이하로 모두 만족하였으나, 가장 수분함량이 적은 시편으로 CNT:CB=80:20으로 가장 우수한 특성을 나타내었다.

표 1. 시편들의 수분 함량.

Specimen	CNT:CB =0:100	CNT:CB =20:80	CNT:CB =50:50	CNT:CB =80:20	CNT:CB =100:0
수분함량 [ppm]	451.0	408.6	329.0	314.2	361.7

#### 4. 결론

본 논문에서는 탄소나노튜브로 강화된 나노 복합재료를 제조하여 Karl Fischer Method를 통하여 수분 함량을 나타내어, 아래와 같은 결론을 내렸다.

매트릭스로 사용된 EEA와 충전제로 사용된 탄소나노튜브와 카본블랙은 탄화수소 유도체로 수소원자가 특정 작용기로 작용하면서 수분의 증가율을 상승시킨다.

그에 따른 영향을 알아보고자 카본블랙과 탄소나노튜브의 비율을 달리하였으나, 구형인 카본블랙의 함량이 감소할수록, 튜브형태의 탄소나노튜브의 함량이 증가할수록 대체적으로 수분함량이 감소하였다.

이와 같은 원인으로서는 탄소나노튜브 자체는 정제과정을 거쳐 불순물의 영향을 최소화 시켰으나, 카본블랙의 경우에는 정제과정을 거치지 않음으로 자체 불순물로 기여함이 사료된다.

#### [참고 문헌]

- [1] J. B. Donnet and R. C. Bansal, Carbon Fibers, 2nded, Marcel Dekker, 1990.
- [2] 신효순, 남시도, 나노기술동향, pp. 13 - 22, 2005.
- [3] J. H. Han, S. J. Kim, O. H. Kwan, H. T. Kang and K. S. Seo, "Influence of Power Cable Confidence in Semiconductive Shield's Impurities", KIEE, Vol. 46, No. 1, 1997.
- [4] M. T. Shaw, S. H. Shaw, "Water Treeing in Solid Dielectrics", IEEE Trans, Elec. Ins., Vol. 19, pp. 419 - 452, 1993.
- [5] 남주영, 강호중, "Poly(ether imide)/Carbon Fiber 열가소성 복합재료의 수분-흡수에 관한 연구", Polymer(Korea), Vol. 17, No. 5, pp. 599 - 606, 1993.
- [6] Standard Test Method for Rubber Property-Volume Resistivity of Electrically Conductive and Antistatic Products, Annual Book of ASTM Standards D 991, Vol. 08, pp. 172 - 176, 1998.
- [7] 인교진, "AFM을 이용한 고분자 연구", Polymer Science and Technology, Vol. 7, No. 3, pp. 332 - 340, 1996.