

전력케이블용 반도체 재료의 불순물 함량

양 훈¹, 방정환², 나창운³, 박대희¹
 원광대학교¹, 서남대학교², 전북대학교³

Impurity Property of Semiconductive Shield Materials in Power Cables

Hoon Yang¹, Jeong-Hwan Bang², Chang-Woon Nah³, Dae-Hee Park¹
 Wonkwang University¹, Seonam University², Chonbuk University³

Abstract: In this paper, we investigated impurity content of carbon nanotube reinforced semiconductive shield materials and conventional semiconductive shield materials in power cables. To reduce impurity content, we used solution compounding method that an adding process of extra additives neglected. Impurity content measured through ICP-AES(Inductively Coupled Plasma Atomic Emission Spectroscopy). Also, impurity measured Ca, Cu, Fe, Al, Mg, Na, K, Si in eight. As a result, carbon nanotube reinforced semiconductive shield materials is lower than conventional semiconductive shield materials in impurity content by ICP-AES.

Key Words : Impurity, ICP-AES, Power cable, Semiconductive shield materials

1. 서론

반도전층은 체적저항이 약 $10^0 \sim 10^2 \Omega \text{cm}$ 인 얇은 고분자층으로, 전력케이블의 도선과 고분자 절연층사이에 위치하며, 도체로부터의 전기완화와 도체와 절연체간 직접 접촉됨으로써 발생하는 문제들을 완화시키기 위해 사용된다. 그러나, 본래 목적과는 달리 반도전층은 많은 이온성 불순물들을 함유하고 있어 절연층의 절연열화를 가속시킨다. 즉, 반도전층 내에서 절연층으로 확산된 불순물에 열이나 전기적인 스트레스가 집중하여 부분방전이 일어나 전기트리로 성장하여 절연파괴를 일으킨다[1]. 국내에서 발생한 전력케이블 고장을 분석한 결과에 의하면, 케이블 내에는 상당히 많은 양의 이온성 불순물이 존재한다는 사실이 밝혀졌다. 이들 불순물은 이온성성의 불순물로 특히, 외부 반도전층에 다량 함유되어 있었다. 이러한 불순물들은 고분자의 산화반응에 참여하여 열화를 가속시키며 열화과정을 통해 고분자 내에 극성을 부여함으로써 소수성기의 화학구조를 친수성으로 변화시켜 수분의 유입을 가져오게 한다. 또한 반도전층 주변의 열에 의한 열화도 초래하게 된다[2-5]. 이러한 문제를 해결하고자 기존의 용융법 대신 용액법을 사용하여, 반도전 시트를 제조하였다.

2. 실험

2.1 시편제작

시편 제조법으로는 분산성 향상과 별도의 첨가제를 생략하는 용액혼합법을 사용하였다.

제조방법은 EEA(Ethylene Ethyl Acrylate)를 용해시키는 양용매에 첨가하여 EEA용액을 생성한 후, CNT(Carbon Nanotube)를 양용매에 고르게 분산시켜, 분산용액을 생성하였다. 그 다음 EEA용액과 CNT를 고르게 혼합하여 침전

물을 생성시켰다. 침전물을 여과하여 건조한 다음, 침전물에 포함된 용액을 제거하여 시트형태로 압축한 방식이다. 이러한 용액혼합법은 자일렌 용액을 포함하는 양용매에 EEA와 CNT를 별도로 용해 및 분산시킨 후에 다시 혼합함으로써 별도의 첨가제를 사용하는 방식을 생략한다. 불순물 측정을 위해 별도의 첨가제를 생략하여 이온성 불순물을 최소화시키고자 본 제조방법을 사용하였다.

시편의 종류로는 두 개의 충전제를 사용하여 상승효과(interaction)를 기대하고자 각 각의 비율의 합을 10[wt%]로 하였으며, 0:10, 2:8, 5:5, 8:2, 10:0인 5종류와 현재 사용중인 특고압용 반도전 시트 3종류와 비교분석하였다.

2.2 ICP-AES 분석

반도전 재료의 이온성 불순물 함량을 측정하기 위해 사용된 장비는 무기원소를 ppm 수준으로 분석할 수 있는 Perkin Elmer Instruments사의 Optima 3300 DV제품의 ICP-AES를 사용하였으며, 본 실험에 사용된 시편들은 고체 고분자이므로 전처리 과정을 거친 후 실험하였다.

3. 결과 및 고찰

표 1은 국내에서 사용되고 있는 특고압용 반도전 시트의 이온성 불순물의 함량을 나타낸 것이다. 그리고 표 2는 탄소나노튜브를 첨가한 반도전 시트의 이온성 불순물의 함량을 나타낸다. 불순물의 평가로는 22.9kV CV/CV-W 한전 규격[6]을 토대로 실험을 진행하였다.

카본을 제외한 나머지 원소들을 불순물로 취급하는 이유로는 양이온으로 존재함으로써 열, 전기, 수분에 대해 반응을 잘 일으켜 트리현상을 발생시키며, 다른 구조로 인

한 전류 흐름의 방해가 되어 집중적인 공격으로 인해 절연파괴 원인이 되기 때문이다.

표 1과 2를 비교한 결과 탄소나노튜브를 첨가한 반도체 재료의 이온성 불순물의 함량이 감소되었음을 알 수 있다. 탄소나노튜브를 첨가한 반도체 재료중에서도 CNT:CB=20:80인 경우가 가장 적었으며, 가장 많은 불순물을 가진 CNT:CB=100:0인 경우에도 현재 사용중인 반도체 재료에 비해 많은 차이를 가졌다.

표 1. 현재 사용중인 반도체 재료의 이온성 불순물 함량

	A1	A2	A3
Ca	588	1278	1507
Si	1526	931	456
Cu	16	144	7
Fe	669	186	117
Al	130	90	62
Mg	1875	1691	1232
Na	1539	1645	989
K	2806	3491	1821
Total	9,149	9,456	6,191

표 2. 탄소나노튜브가 첨가된 반도체 재료의 이온성 불순물 함량

	CNT: CB =0:100	CNT: CB =20:80	CNT: CB =50:50	CNT: CB =80:20	CNT: CB =100:0
Ca	422	210	207	179	310
Si	1355	908	1596	820	956
Cu	4	6	3	4	-
Fe	107	455	15	726	1191
Al	57	222	10	350	564
Mg	4	-	3	-	-
Na	105	94	100	93	114
K	57	50	54	52	61
Total	2,111	1,945	1,988	2,224	3,196

4. 결 론

전력케이블용 반도체 재료를 CNT를 첨가하여 용액혼합

법으로 제조하였다. 기존의 용융법을 용액법으로 대체하여 시료를 제조한 결과, 현재 사용중인 반도체 재료에 비해 많은 차이를 나타내며 낮은 수치를 얻었다. 이 원인은 별도의 첨가제를 생략하는 용액혼합법에 있다고 사료된다.

감사의 글

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

참고 문헌

- [1] 한재홍, 김상준, 권오형, 강희태, 서광석, "반도체층 내 불순물이 전력케이블의 신뢰도에 미치는 영향", 전기학회논문지, 46권, 1호, pp. 19, 1997.
- [2] E. F. Steennis and F. H. Kreuger, "Water treeing in polyethylene cables", IEEE Trans. DEI, Vol. 25, pp. 989, 1990.
- [3] M. T. Shaw and S. H. Shaw, "Water treeing in solid dielectrics", IEEE Trans. DEI, Vol. 19, pp. 419, 1993.
- [4] M. J. Given, "The role of ions in the mechanism of water tree growth", IEEE Trans. DEI, Vol. 22, pp. 151, 1987.
- [5] 강대용, 오광영, 김용주, 박대회, "절연/반도체/절연층에 있어서 유전특성과 절연파괴 현상", 전기전자재료학회논문지, 11권, 6호, pp. 163, 1998.
- [6] M. J. Given, "The role of ions in the mechanism of water tree growth", IEEE Trans. DEI, Vol. 22, pp. 151, 1987.
- [7] 이경용, 최용성, 박대회, "전력케이블에서 반도체 재료의 이온성 불순물에 따른 열적특성", 한국전기전자재료학회논문지, 17권 12호, pp. 1326, 2004.