

Al(OH)₃를 添加한 PVC의 耐Tracking性和 熱分析에 관한 研究

강성화, 임기조, 신웅덕, 박대희
충북대학, 원광대학

A Study on Thermogravimetry and Tracking Resistance of PVC

Doped with Al(OH)₃

Sung-Hwa Kang, Kee-Joe Lim,
Chungbuk National University,

Yong-Deok Shin, Dae-Hee Park
Wonkwang University

Abstract

Using as an alternate of insulating material for outdoor and cable, however, it has still many problems to be solved in the field of material such as resistances of environment and tracking.

In this paper, Tracking property of PVC filled with aluminum hydroxide have been investigated by STM D 2303 method. It was found that time to breakdown of PVC filled aluminum hydroxide was longer than that of unfilled PVC. Tensile strength and elongation of PVC were decreases increased with aluminum hydroxide contents. On the other hand, thermogravimetry of PVC decreased.

Therefore, the increase of time to tracking breakdown by antitracking additive can be explained by increased degradation temperature of polymer.

서론

케이블에 있어서 Tracking파괴는 PVC Sheath에서 주로 발생이 되고 있다. 이와같은 Tracking의 발생은 절연체 열화로 부터 진전이 원인이 되는 경우와 절연체의 표면 오손에 의해서 누설전류의 흐름으로 인하여 유출 열에 의해 진전되는 경우로 구분되어진다. 그러나 케이블의 경우는 이 두가지의 복합적인 원인에 의해서 Tracking파괴를 일으키는 경우가 많다. 국내에 있어서 Tracking파괴 지중배전용 22 kV급과 지중송전용 154kV급의 전력케이블에 있어서 Tracking이 진전 되어 화재를 일으키는 경우가 있다. 이와같은 Tracking파괴는 PVC Sheath의 표저항을 저하시킴으로 Sheath의 표면 전위차에 의하여 누설전류가 흐르게 되어 결국 서서히 유출 열에 의해서 일어난다. Tracking파괴는 점점 케이블의 사용조건이 가혹해지고, 오염등에 의해서 빈번한 사고가 예측이 되

고 있다. 주로 Tracking의 절연파괴는 케이블의 길이방향과 지면과 수직인 반경방향으로 진전이 되며, 경우에 따라서는 케이블의 금속Tray와 접지가 되어 파괴를 일으키는 경우도 있다.

전력케이블에 있어서 PVC Sheath는 절연의 역할은 아니지만 케이블의 사고를 일으키는 원인을 제공하고 있는 것으로 이에 대한 대책이 시급한 실정으로 사료된다.

이와같은 관점에서 트래킹현상의 연구는 케이블의 사고의 방지에 매우 중요한 역할을 하며, 특히 절연재료의 내트래킹성 향상은 시급한 문제이다. 본 연구는 절연재료의 트래킹성을 향상 시키기 위하여 수산화 알루미늄을 PVC에 첨가하여 각각의 특성을 검토하였다. 트래킹 시험방법은 ASTM D2303를 적용하고, 열분석과 기계적인 특성을 각각 평가하고, 방지대책등에 대하여 보고한다.

2. 시험방법

이 시험방법은 오손액과 경사되어진 평판시험편을 이용하여, 일정한 전압하에서 Tracking진전시간과 내침식성을 평가를 한다. 이때의 전극은 상부와 하부의 간격이 50mm이며, 하부전극에서 25mm의 위치에 Track가 도달하는 때에 각각의 시간을 측정한다. 시험시료의 준비는 가능하면 시료에 따라 표면상태를 동일하게 하기위하여 Sand Paper #220으로 연마하고, 에타놀로 세척한다. 시료는 50mm X 120mm의 크기이며, 두께는 약 3mm정도의 것을 이용하였다. 인가전압은 3kV로 하고, 이때에 오손액의 유량은 각각 0.60(ml/min)로 하였고, 직렬저항기의 저항치는 33(kΩ)으로 하였다. 이때의 수용액은 NaCl+Triton을 사용하였으며, 수용액의 저항은 380(Ωcm)이다.

시료는 순수한 PVC와 PVC에 Al(OH)₃ 20, 40, 60, 80 PIR로 첨가시킨 5종류를 준비하였다.

열중량 분석은 Mac Science사의 장치를 이용하고, 10°C/min으로 온도를 상승시키면서 각각 측정하였다.

기계적인 특성은 INSTRON을 이용하여 인장강도와 신율을 각각 측정하였다. 이때의 측정은 인장속도는 10mm/sec로 하고, 시료의 형태는 담뱃상으로 폭이 5mm, 두께단면적은 6.0mm²이며, 5개의 시료의 값을 각각 평균하였다.

3. 시험결과 및 고찰

3.1 Al(OH)₃ 첨가에 의한 Tracking진전시간의 의존성

내Tracking성의 향상첨가제로서 대표적인 수산화알루미늄 Al(OH)₃과 수산화마그네슘 Mg(OH)₂이 있다. 본 연구에서는 분해개시온도가 210℃인 수산화알루미늄을 사용하였다. 그림 1은 진전시간과 수산화알루미늄의 함유량의 관계를 나타낸 결과이다. 각 시료별 파괴시간은 순수한 PVC의 경우 10초 이내이며, 수산화 알루미늄의 함유량의 증가함과 함께 증가하고 있는 경향을 나타내고 있다.

이와같은 결과는 PVC의 열분해전에 수산화 알루미늄의 열분해를 일으킴으로 진전시간이 지연되는 것으로 사료된다. 또한 시료의 표면에는 분해생성물이 존재하고 있는 것도 확인 할수 있었으며, 이와같은 물질은 Barrier로서 작용한다는 이론도 있다. 이와같은 이론의 요약은 초기방전에서는 표면층의 유기물이 분해하나, 외부산소가 충분하게 공급되어지기 때문에 떠돌아 다니는 탄소는 CO혹은 CO₂로 가스화 된다.

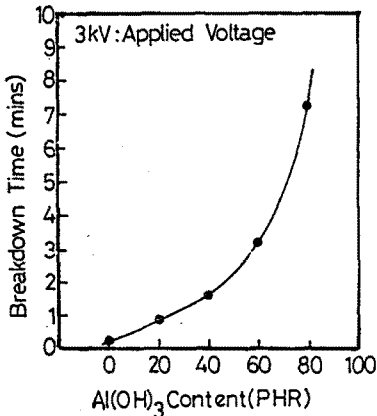


그림 1. Al(OH)₃의 함유량에 따른 Tracking진전시간
수산화 알루미늄계에서는 수분이 적고, 유기재료가 비산후에는 수산화 알루미늄이 소결한 상태로 남아 층을 형성한다. 다음의 단계에서는 표면층에 남은 Barrier에 의해 외부산소의 공급이 차단되기 때문에 하부의 유기물이 열분해 할 때, 불완전 연소로 되어, 표유탄소가 생성이 되고 Tracking을 일으킨다.

이와같은 결과의 분석은 FTIR통하여 분석하면 파괴후에

“O”가 결합하고 있다고 보고되고 있으며, 이 산소는 수산화물의 “O”가 반응하고 있다는 것을 예측할 수 있으며, 유기물은 수산화물에 의해서 내부산화 되어진다고 볼수 있다.

3.2 기계적인 특성의 평가

전력케이블의 Sheath가 갖어야 할 성능은 전기적인 특성은 물론이고 인장강도 및 신장률등의 기계적인 물성이 중요시 되고 있다. 요구되어지는 PVC의 인장강도는 1.05kg/mm², 신율은 100%이상을 만족해야 한다. 이와같은 관점에서 수산화 알루미늄이 첨가된 PVC에 대하여 각각의 기계적인 특성을 평가하였다. 그림 2는 5가지 시료의 인장강도를 나타낸 결과이다.

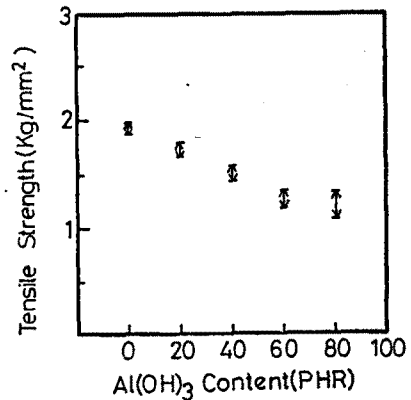


그림 2 첨가제함유량별 인장강도
순수한 PVC의 인장강도는 1.948kg/mm²이며, PVC에 수산화알루미늄의 함유량이 증가 할수록 1.288kg/mm²까지 감소하는 경향을 나타내고 있다. 다음에는 신율의 결과를 그림 3에 나타냈다.

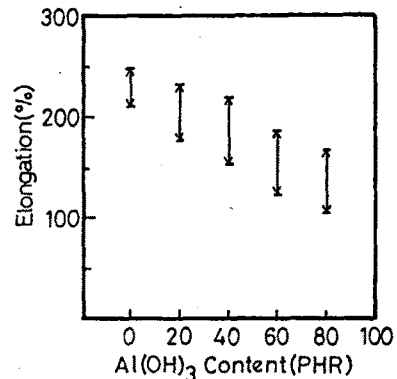


그림 3. 첨가제함유량별 신율
신장률은 순수한 PVC의 경우 233.6%를 나타내고 있으며, 첨가제의 함유량이 증가 할수록 149%까지 감소하는

경향을 나타내고 있다. 이와같은 결과의 인장강도와 신장율은 케이블의 규격은 만족하지만, 과도한 수산화 알루미늄의 첨가는 기계적인 특성을 저하시킴을 알수 있었으며, 적절한 함유량의 첨가가 요구된다. 또한 절연저항및 유전특성, 가열후의 기계적인 특성도 만족이 되어야 함으로 신뢰성의 관점에서 각 특성의 평가가 요구된다.

그림 2과 3를 통하여 알수 있는 결과는 수산화 알루미늄의 함유량이 40PIIR이상이 되면 초기 값의 25%인장강도, 신율이 급격하게 저하하는 것을 확인 할수 있었다. 또한 첨가제의 함유는 어느정도 파괴특성의 향상효과는 기대가 되나, 기계적인 물성의 저하를 초래하는 결과를 알수 있었다.

3.3 열분석 평가

PVC의 Tracking파괴후의 이 도전성 분해생성물 및 염소함유량의 증가와 함께 중량감소의 변화에 관한 특성을 조사하기 위하여 열중량(TG)측정을 행하고, 각 PVC의 열에 대한 안정성을 조사하였다.

그림 4는 열분해곡선으로 순수한 PVC와 수산화 알루미늄이 첨가된 PVC의 결과이다. 수산화 알루미늄이 첨가된 PVC의 열분해 감소 중량은 감소하는 경향을 나타내고 있으며, 이와같은 이유는 첨가제의 영향으로 사료된다. 또한 PVC는 제 1단계의 감량영역을 거쳐서 중간의 평활한 영역을 나타내고, 또한 제 2단계의 감량영역을 거쳐서 550℃ 이상의 고온영역에서는 평활한 영역을 나타낸다. PVC의 열분해는 열분해곡선에 있어서 제 1단계의 감량은 HCl의 이탈에 의한 것으로, 그 결과 폴리엔구조가 생긴다. 제 2단계의 감량에서는 C=C의 2중결합에 의한 것으로 사료된다. 그림에서 중간의 평활한 영역의 중량잔존율이 염소함유량과 함께 감소하고 있는 것으로, 제 1단계의 감량의 주원인이 탈염산에 의한 것으로 생각된다.

PVC와 같이 염소함유량이 많을수록 탈염산이 많으며, 중간의 평활한 영역은 제 1단계의 감량에의 형성되어진 폴리엔구조의 환화가 거대한 분자로 되어진다. 이 때문에 염소함유량이 많은 시료일수록 이 평활부가 명확하게 나타난다. Tracking파괴후의 시료표면의 열화가 어느 정도까지 진전 되었는가를 보면, 시료의 표면상의 온도가 최고 400℃까지 상승한다고 보고되고 있다. Billing씨는 공역2중결합이 20개 이상이 되면 흑색을 나타낸다고 보고하고 있다. 이들의 보고와 앞의 열중량분석으로 부터 고찰하여 보면, 염소함유량이 많을수록 탈염산및 폴리엔구조가 생기기 쉬운것, 염소함유량이 많은 시료, 특히 PVC에 있어서 흑색화 현상이 일어나기 쉬운 원인에 있다고 볼수 있다.

이와같은 실험을 통하여 Tracking파괴의 진전방지는 재료적으로 결합에너지가 큰 재료의 선택과 방전열을 흡수하는 첨가제의 충진도 바람직한 대책으로 사료된다.

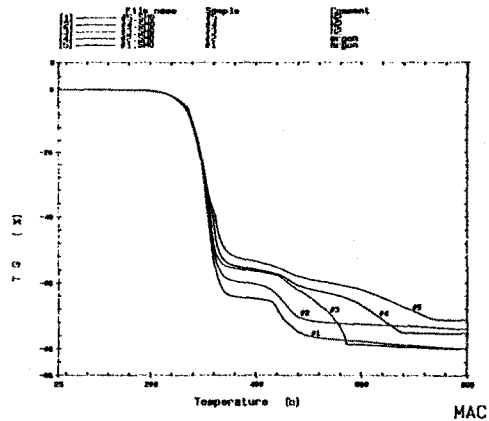


그림 4 PVC의 열분해곡선

4. 결론

- 1) 수산화 알루미늄을 첨가함으로 Tracking파괴진전시간을 연장시킬수 있음을 확인하였으며, 이와같은 효과는 수산화알루미늄이 열분해함으로 흡열및 결정수를 생성함으로 파괴의 진전을 억제한다.
- 2) 인장강도및 신장율의 기계적인 특성은 수산화 알루미늄의 첨가량의 증가와 함께 감소하는 경향을 나타냈다. 규격을 고려하면 40PIIR의 경우가 가장 적절한 기계적인 특성을 갖는 것으로 예측할 수 있었다.
- 4) 각 시료의 내Tracking특성은 열중량특성의 결과와 깊은 관련성을 나타내고 있으며, 수산화알루미늄의 함유에 따라서 중량 감소율이 약간씩 적어지는 결과를 확인 할 수 있었다.

참고문헌

- 1) M. J. Billings, A. Smith & R. Wirkins : IEEE Trans. Elect. Insulation, EI-2, 131 (1967)
- 2) 絶縁材料耐トラッキング性試験法専門委員会 : 電気學會技術報告 (1部) No.82 (昭42-9)
- 3) 平澤, 松田, 平林: 電気學會絶縁材料研究 EIM-77-18 (昭-52)
- 4) IEEE Elect. Insul. Group : IEEE Summer Power Meeting, No.31 p66-358 (1966)
- 5) M. Saito et al: 14th E/EIC Conf., P137(Oct., 1979)
- 6) 河村 : 日本電気學會誌, 98, 1121 (1978, 12)
- 7) 高橋 : 上同, 98, 72 (1978, 1)
- 8) 西田 他 : 上同, 104, 41 (1984, 1)

본 연구는 1994년 한전의 연구비 지원에 의해서 기초전력 주관으로 수행한 과제임