

고분자의 열화에 끼치는 충전제의 영향

허창수*, 장기순*, 조한구**
* 인하대학교 전기 공학과
** 한국 전기 연구소

A study on the Influence of Filler for Polymer Tracking

Huh Chang Su*, Jang Ki Soon*, Cho Han Goo**
* Dept. of Electrical Engineering, Inha Univ.
** Korea Electrotechnology Research Institute

ABSTRACT

The problem of tracking is one of the biggest problems to be overcome in polymeric materials for outdoor insulators. But tracking can be minimized with the addition of filler such as alumina trihydrate (ATH).

This paper presents influence of filler for polymer tracking.

1. 서론

지금까지 옥의 전기 절연재로서 사용되어온 세라믹은 전기적 절연이 우수하여 그 역할을 충분히 하여 왔으나 증량이 무겁다 것과 절연 누설 거리를 길게 하여야 한다는 큰 단점을 지니고 있다. 반면에 고분자 재료를 사용하므로 무게를 가볍게 하고 절연 누설 거리도 짧게 하여 절연재를 경량화 할 수가 있다. 그러나 고분자 재료를 옥의 절연재로 사용함에 있어 가장 문제시 되는 점은 표면에서의 열화 현상이다. 이러한 열화 현상은 dry band arcing이라는 방전 현상으로 시작되는데 특히 표면이 먼지나 염분으로 오염되었을 때에 더욱 심하게 나타난다. 이러한 열화 현상에 저항력을 주기 위해 고분자 재료에 충전제를 첨가하게 된다. 여기에서 고분자 재료의 열화 특성에 대한 충전제의 영향을 연구하고자 한다.

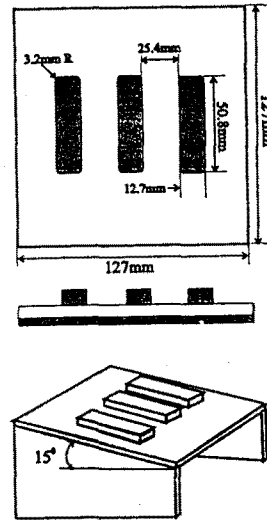
2. 실험장치

본 실험에 사용된 장치는 ASTM 규격의 D2132을 기본으로 하고 있는데 염분 안개 챔버안에서 고분자 재료의 오손 특성을 실험 하였다.

(1) 전극

전극의 종류에는 윗 전극과 아래 전극으로 나눌 수 있는데 윗 전극의 재질은 탄소로 크기는 가로 13 mm, 세로 51 mm, 높이 22mm로 하고 극부적 전계의 집중을 방지하기 위해 모서리는 반경 3.2 mm로 둥글게 하였다. 또한 아래 전극의 재질은 스테인레스로 형태는 시료와 같은 크기로 준비하였다. 그리고 윗 전극의 간격은 각각 25 mm의 거리를 두었고 절연 지지대의 형상은 아래 전극과 같은 크기의 아크릴 판을 경사 15°로 기울여 지지대를 통해 전기적 절연을 하였다.

다음 [그림 1]은 전극의 형태이다.



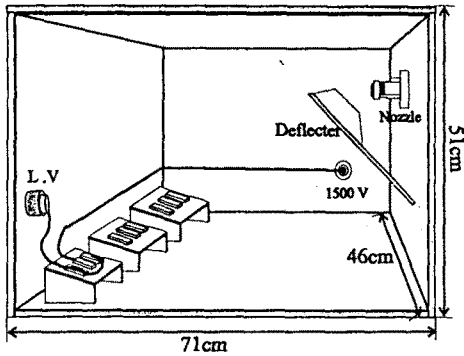
[그림 1] 전극

(2) 챔버

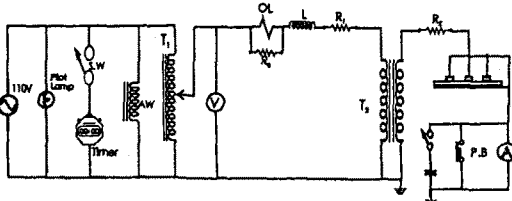
챔버의 크기는 가로 460 mm, 세로 710mm, 높이 510 mm 가 되고 재질은 안을 들여다 볼 수 있는 투명 아크릴로 제작하였다. 챔버안의 벽면에 물을 분무하는 노즐을 높이가 410 mm 가 되는 곳에 위치시키고 노즐앞에 적당한 전향장치를 설치하여 물이 시료에 직접적으로 분무되지 않게 하였다. 또한 전압 인가 장치의 절연 상태는 챔버의 벽면과 부상으로 절연하였는데 이와 상황을 [그림 2]에 나타내었다.

(3) 전압 인가와 제어 장치

시료에 1500V을 인가하는 전압 장치와 공기압을 공급하는 콤프레서의 전원 장치, 그리고 제어 장치는 다음과 같이 [그림 3]에 나타난 회로로 설치하였다. 여기에서 변압기 T₁은 보조 변압기로서 주 변압기의 전압공급하고 2 차 회로 OCR의 trip 장치를 연결함으로써 실질적인 failure 전류 3-4.5 A를 검출하는 회로에 구성된다. 또한 변압기 T₂는 시료에 전압을 인가하는 주 변압기로서 권수비 30, 1 차 전압 3150V, 2 차전압 105V 배전용 변압기이다. 이것을 역으로 사용하여 1 차 전압이 50V로 인가되면 2 차 전압에서 1500V을 얻어 시료에 인가하게 된다.



[그림 2] 챔버



[그림 3] 실험 장치의 회로도

3. 실험 방법

시료는 가로 120 mm, 세로 120 mm, 두께 2mm의 크기로 준비하고 재질은 기본 고분자인 실리콘 고무에 충전제의 함량을 증가시켰다. 자세한 사항을 [표 1]에 나타내었다.

[표 1] 시료의 사양

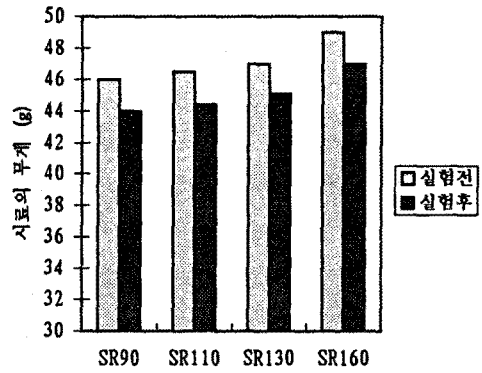
| 시료 분류 | 기본 고분자 | 충전제 (pph) | 실리콘 오일 (parts) |
|-------|--------|-----------|----------------|
| SR90 | 실리콘고무 | 90 | 1 |
| SR110 | " | 110 | 1 |
| SR130 | " | 130 | 1 |
| SR160 | " | 160 | 1 |

염분 안개 챔버안에서 분무되는 물의 전도도는 NaCl로 조절하여 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 가 되게 하고 분무량은 850 ml/h로 유지하였다. 시료의 표면이 충분히 젖게 하고 서서히 전압을 1500V 까지 인가한다. 이후의 누설 전류 변화는 X-Y 기록계로 측정하였다.

4. 실험 결과

(1) 시료의 절연 파괴 상태

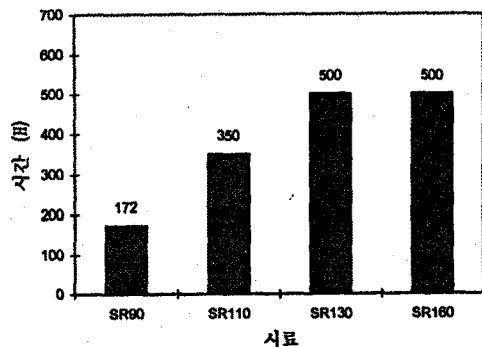
본 실험에 사용된 시료에서 절연 파괴의 원인은 dry band arcing의 열로 표면의 도전성 통로에 의한 열화 현상보다는 시료가 점점 침식되는 현상으로 절연 파괴에 이르게 된다. 이러한 침식 작용은 전극의 주위에서 심하게 나타나 결국에는 시료에 구멍이 생겨 두께를 통해 절연 파괴가 된다. 또한 [그림 4]에서 보는 바와 같이 시료의 무게 손실이 생기는데 평균적으로 2g의 무게 손실을 나타냈다.



[그림 4] 시료의 무게 손실

(2) 시료의 절연 파괴 시간

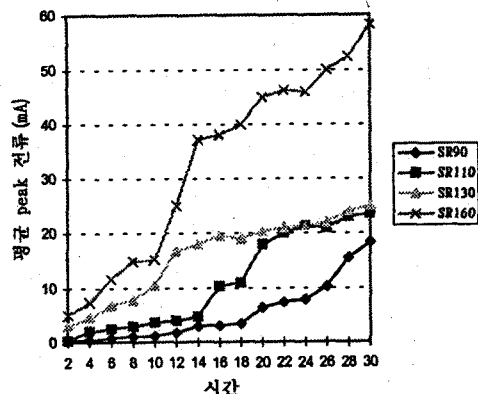
절연 파괴 시간은 [그림 5]에서 보는 바와 같이 시료 SR90과 SR110은 175시간과 350시간에서 절연 파괴가 나타났고 SR130과 SR160에서는 500시간 이상 견디는 것으로 나타났다. 이러한 결과에서 충전제의 함량이 많은 시료가 dry band arcing에 의한 열에 대해 저항력이 있다고 판단된다. 또한 시료의 표면에 나타난 침식 현상도 현저하게 작은 면적으로 나타났다.



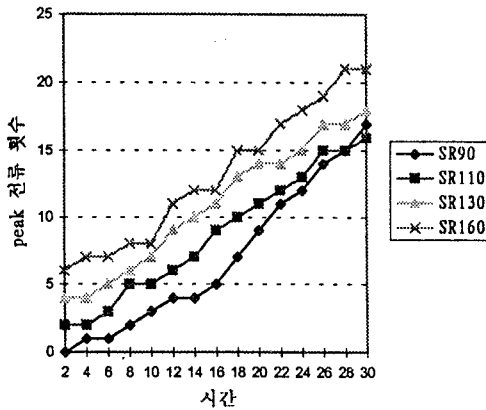
[그림 5] 시료의 절연 파괴 시간

(3) 초기 상태에 누설 전류의 변화

다음 [그림 6]와 [그림 7]은 실험 초기에 나타난 피크 전류의 평균치와 빈도수를 나타내고 있다. 이 그래프에서 충전제의 함량이 증가함에 따라 피크 전류와 빈도수가 증가



[그림 6] 초기시 평균 피크 전류의 변화

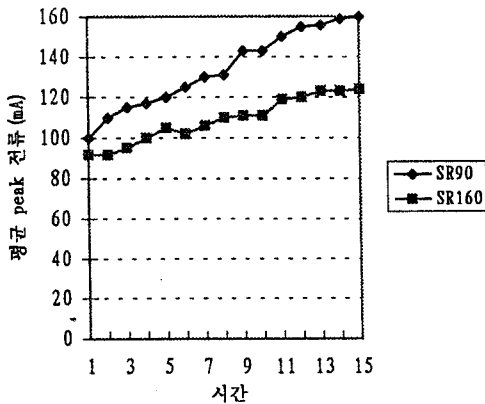


[그림 7] 초기시 피크 전류의 빈도수

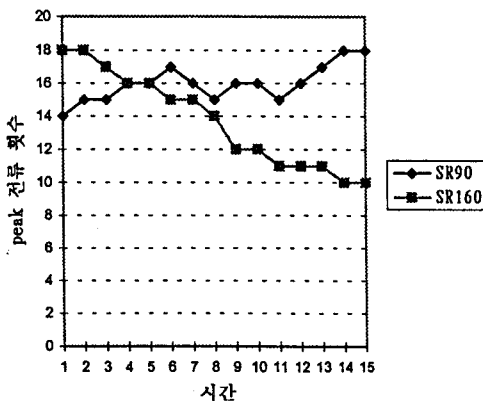
하는 것을 볼 수 있는데 이러한 이유는 충전제가 많이 들어감에 따라 표면이 상대적으로 더 거칠어져서 분무되는 오염액의 진수성이 증가하여 결국 누설 전류 뿐만아니라 빈도수도 증가하였다고 판단된다.

(4) 노화시 누설 전류의 변화

[그림 8]과 [그림 9]는 시료가 노화된 후부터의 피크 전류와 빈도수를 보여주고 있는데 이러한 결과에서 충전제가 비교적 많이 함유한 시료가 피크 전류와 빈도수가 상대적으로 작거나 감소하는 경향을 보이고 있다는 것을 알 수



[그림 8] 노화시 평균 피크 전류의 변화



[그림 9] 노화시 피크 전류의 빈도수

있었다. 시료의 노화 현상은 dry band arcing의 열에서 발생되는데 이 때 발생된 열은 200℃로 고분자의 안정온도 175℃를 넘는 온도가 된다. 이러한 열에 의해서 표면위에 낮은 분자량을 가진 고분자 체인들이 증발됨에 따라 열에 강한 충전제 입자들이 주로 나타나 열에 대한 저항력을 가지게 되는 것이다. 그래서 충전제의 입자들을 많이 포함하고 있는 고분자 재료가 열에 대한 저항성을 가진다고 판단된다.

5. 결론

- (1) 실리콘 고무의 절연 파괴는 침식 작용으로 일어나고 이에 따른 무게 손실이 있다.
- (2) 절연 파괴 시간은 충전제를 많이 함유한 시료에서 더 길게 나타난다.
- (3) 초기 상태에서 충전제를 많이 함유한 시료의 누설 전류가 더 크고 자주 나타난다.
- (4) 시료가 노화된 이후에 충전제의 영향은 열에 대한 저항력을 가지게 한다.

참고 문헌

- (1) D.T.Clark, W.J.Feast " Polymer Surfaces " John Wiley & Sons 1978
- (2) R. S. Gorur 外 " Aging in silicone rubber used for outdoor insulation " IEEE PWRD 1992
- (3) R. S. Gorur 外 " The AC and DC performance of polymeric materials under accelerated aging in a chamber" IEEE PWRD 1988
- (4) Antonios E Vlastos, Elbadri Sherif " Natural aging of EPDM composite insulators" IEEE PWRD 1990
- (5) S.H.Kim 外 " The loss and recovery of hydrophobicity of RTV silicone rubber insulator coatings IEEE PWRD 1990
- (6) S.H.Kim 外 " Artificial testing and evaluation of RTV coatings in a salt-fog chamber " IEEE EI 1991
- (7) S.H.Kim 外 " Suppression mechanism of leakage current on RTV coated porcelain and silicone rubber insulators " IEEE PWRD 1991