

# 실리콘 고무의 절연파괴 및 트래킹 특성

이성일<sup>1</sup>, 김귀열<sup>2</sup>, 이원재<sup>3</sup>, 장경욱<sup>3</sup>

충주대학교<sup>1</sup>, 한국기술교육대학교<sup>2</sup>, 경원전문대학<sup>3</sup>

## Properties of Breakdown and Tracking in silicone Rubber

Lee,sungll<sup>1</sup>, kim Gui yeul<sup>2</sup>, Lee,won Jae,Jang,K · U<sup>3</sup>

Chungju National Univ.<sup>1</sup>, Korea Institute of Technical Education<sup>2</sup>, Gyeongwon College<sup>3</sup>

### Abstract

Abstract: silicone composites for high voltage insulator(HVI SC) were prepared by adding aluminum trihydrate(ATH) treated by surface treatment agent to base silicone compound at the ratio of 100:20, 100:40, 100:60, 100:80, and 100:100, respectively. And also, ATH was treated by various surface treatment agents, such as stearic acid, acryl silane vinyl silane under compounding process. electrical properties were investigated for the various contents of ATH and surface-treatment agents we measured volume resistivity, breakdown and tracking resistance were for HVISC containing ATH treated by vinyl silane

**Key Words** : HVI SC.volume resistivity,breakdown,tracking resistance

### 1. 서론

산업이 발달과 더불어 전력수요는 양적인 성장과 부하의 성격에 있어어도 집중화되는 추세에 있다. 따라서 이런 수요에 대응하기 위해 송배전 전압을 꾸준히 높이는 작업을 추진하고있으며 각종 전력계통에 연결되어 있는 각종 전력기기의 조건도 보다 높은 전압에 견딜 수 있게 설계되어야 할 것이다.<sup>1)2)</sup> 이중에서도 절연체의 절연 및 난연은 전력기기의 수명과 안정성을 결정짓는 중요한 요소이고 따라서 보다 절연성능과 난연 특성이 뛰어난 절연체의 개발이 시급한 실정이다.실리콘 고무는 컴퓨터 산업의 발달과 함께 각광을 받고 있다. 이러한 실리콘 고무의 특성은 충전제, 가황제 및 첨가제 의 종류나 배합 방식에 따라 그 특성이 다양하게 변화한다 .<sup>3)4)</sup>

또한 고압 절연재료로 응용되기 위해서 절연특성 및 방화특성 및 내 트래킹 및 절연파괴특성이 필수적이다.

따라서 본 논문에서는 base Silicone Compound에 각종 표면처리제로 처리한 aluminum trihydrate(ATH)를 무게 비 100:20, 100:40, 100:60, 100:80 및 100:100으로 콤포지트하여 고압에사용 실

리콘 콤포지트 (HVI SC)를 제작하였다.

ATH와 silicone polymer와의 유기-무기결합을 유도하여 전기특성에 미치는 영향을 연구하였다.

### 2. 실험 방법

#### 2.2.1 체적사항

실리콘 폴리머의 종류 및 실리콘 폴리머의 종류 및 실리카의 종류에 따르는 전기특성의 상관관계를 알아보기 위하여 체적저항 시험을 행하였다. 체적저항기는 TOA electronics 사의 모델 SM-10E를 사용하였으며 구조는 Fig1같다. 시료는 1[mm] 두께로 가교된 시험편을 사용하였다. ATH의 함량을 20-100[phr]까지 20[phr] 단위로 콤포지트한 것을 가지고 체적저항을 측정하였고. ATH의 표면처리에 따른 체적저항을 측정하였다.

#### 2.2.2 절연파괴 강도

실리콘 폴리머의 절연파괴 강도를 측정하기 위해 교류전압 파괴 시험을 ASTM D149 사양에 준하여 시행하였다. 이를테면 1[mm]두께의 시험편을 구대구 전극에 삽입한 후 전압을 인가하여 절연파괴 강도를 측정하였다.

시험 방법은 0[V]에서 시작하여 파괴가 발생할 때까지 시험전극에 일정하게 전압을 인가시키는 단시간 시험법을 사용하였다.

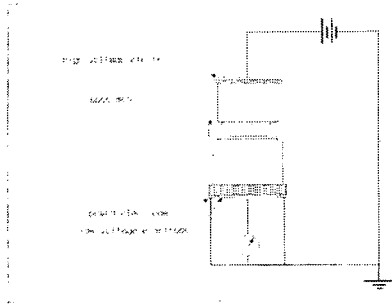
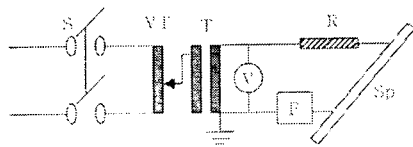


Fig. 1. A schematic diagram of volume resistivity test(continued).



F : overcurrent device - fuse or relay  
 V : voltmeter, S : power supply switch  
 Sp : specimen, VT : variable ratio transformer  
 R : series resistor, T : high voltage transformer

Fig. 2. A schematic diagram of tracking test system.

표. 1. A test condition of tracking.

항 목	내 용
인가전압[kV]	AC4.5
시료크기[mm]	50×120×6
시편설치각도 [°]	45
오손액 유속량[ml/min]	0.9
직렬저항 [kΩ]	33
시험시간[hrs]	6

### 2.2.3 Tracking 특성

트래킹 시험용 오손액은 증류수에 도전성 첨가제  $NH_4Cl$  ( $0.2 \pm 0.002$ [wt%])와 계면활성제 Triton X-100 ( $0.2 \pm 0.002$ [wt%])를 첨가하여 준비하였다. 여기서 도전성 물질인  $NH_4Cl$ 의 농도는 IEC 기준의 2[배]이다.

이는 기준으로 실험할 경우 트래킹 파괴가 거의 일어나지 않아 상대적인 비교가 곤란하기 때문에 트래

킹 파괴시간을 단축하여 시료간의 상대적인 비교가 가능하도록 하기 위함이었다.

시험 시에 오손액을 8[장]의 거름종이 위에 떨어뜨려 거름종이를 거쳐 시료의 표면을 타고 흘러내리도록 하였으며 오손액의 유량은 시험에 앞서 연동펌프를 동작하여 유량을 측정 후 원하는 유속에 맞도록 펌프속도를 조정하였다.

오손액의 유속은 IEC 기준에서는 0.6[ml/min]이지만, 이 실험에서는 시험시간의 단축과 시료간의 상대 비교를 원활히 하기 위해 0.9[ml/min]으로 하였다.

시험에 사용된 IEC 60587 기준의 시험회로의 개략도와 실험 조건을 그림 2와 표1에 나타내었다. 여기서 회로의 직렬저항은 33[kΩ], 2차 회로인 고압회로의 시험전압은 4.5[kV]를 인가하였다. 전극은 스테인레스틸로 제작하였으며 약 5[회]의 시험 후에는 새 전극으로 교환하여 사용하였다.

이 회로에는 과전류계전기와 타이머를 부착하였으며 과전류계전기는 기준치인 60[mA]로 설정하여 이 이상의 전류가 2[sec] 이상 계속 흐르는 경우에 차단기가 동작하여 시험이 종료되도록 하였으며 종료될 때까지의 시간을 측정하여 내 트래킹 정도를 판단하였다.

## 3. 결과 및 고찰

### 3.1 Tracking 특성

ATH의 함량과 표면처리제의 종류에 따른 내 트래킹 특성은 Fig 3에서부터 Fig 4까지 나타나 있다.

Fig 3는 표면 처리제를 사용하지 않은 ATH를 충전한 실리콘 고무의 내 트래킹 특성을 나타낸 것으로 ATH를 60[phr]이상 충전때부터 내 트래킹 특성이 현격히 개선되었으며 ATH를 100[phr] 충전한 SO-100은 370[min]까지 견디었다.

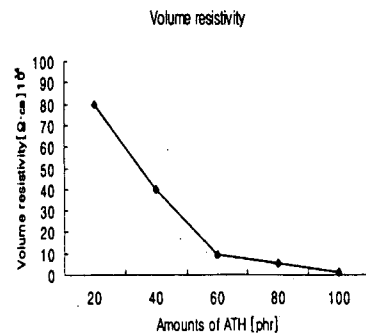


Fig. 3. Volume resistivity of SO-20 filled ATH, 20 phr.

Fig 4는 지방산으로 표면 처리한 ATH를 충전한 실리콘 고무의 내 트래킹 특성을 나타낸 것으로 ATH 60[phr] 충전된 것이 내 트래킹 특성이 향상되었으며, ATH를 100[phr]충진된 것은 390[min]동안 견디었다

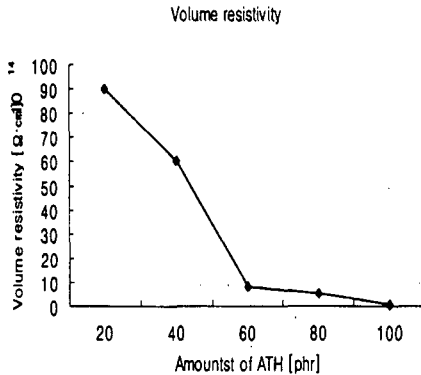


Fig. 4. Volum resistiitiy of SS-20 filled ATH,20 phr.

#### 4. 결 과

고압 절연용 전기재료로 응용하기 위한 실리콘 고무의 콤포지트 조건중에서 난연제로 사용한 ATH의 표면처리에 따른 특성을 비교한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. Bound rubber 함량은 vinyl silance으로 표면 처리한 ATH를 충전한 실리콘 콤포지트가 가장 높았다
  2. 과산화물 가류 시의 가류밀도는 지방산으로 표면 처리한 ATH를 첨가한 경우며, vinyl silance으로 표면 처리한 ATH를 충전한 실리콘 콤포지트는 ATH의 표면에 도입된 vinyl기에 의해 가류밀도가 가장 높았다
  3. 난연특성은 ATH의 종류에 크게 영향을 받지 않았으며, ATH가 60 [phr] 이상부터 자기소화성을 나타내었고, vinyl silane을 처리한 ATH를 충전한 경우 난연성이 더 우수하였다.
  4. 체적저항과 절연파괴강도는 vinyl silane으로 표면 처리한 ATH를 충전한 실리콘 콤포지트가 가장 우수하였다.
  5. 기계적강도 역시 vinyl silane 으로 표면 처리한 ATH를 충전한 경우 가장 우수하였다.
- 연구의 결과를 종합하며 ATH의 표면 처리제의 선택이 전기특성에 많은 영향을 끼치는 것을 알수 있었으며, vinyl silance으로 표면 처리한 경우가

모든 특성에서 가장 우수한 결과를 나타내었다.

#### 참고 문헌

- [1] J. Turnhout, "Thermally stimulated discharge of polymer electrets" Polym J., vol.2, No.2, pp.173~191, 1971
- [2] S. Kobayashi and Yahagi, "Thermally stimulated current in elongated low density polyethylene films", J. Appl. Phys., Vol. 18, pp. 261~268, 1979
- [3] W. Lynch, handbook of Silicone Rubber Fabrication, Litton Educational Publishing Inc., pp 1~6, 1987
- [4] J. M. Zeigler and F. W. Gordon Fearon, silicon-Based Polymer Science A comprehensive Resource, American chemical Society, Washington, pp 47~62, 1990