

## 충진재의 표면처리와 실리콘 고무의 트래킹특성

이수부<sup>1</sup>, 지원영<sup>2</sup>, 이철규<sup>1</sup>, 이준호<sup>1</sup>  
<sup>1</sup>호서대학교 전기공학과, <sup>2</sup>(주)해룡실리콘

### The Surface Treatment of Fillers and Tracking Performance of Silicone Rubber

Soo-Boo Lee<sup>1</sup>, Won-Yeong Ji<sup>2</sup>, Chir-Kuy Lee<sup>1</sup>, June-Ho Lee<sup>1</sup>  
<sup>1</sup>Dept. of Electrical Eng., Hoseo Univ., <sup>2</sup>Hae Ryong Silicone Co., Ltd.

#### ABSTRACT

Polymer insulating materials are widely used in power distribution and transmission systems for their good dielectric properties, light weight, low cost, and good contamination performance. Tracking is one of the biggest problems to be overcome in polymer insulating materials. The alumina trihydrate(ATH) is widely used as a filler for improve the tracking performance of silicone rubber. In this paper, we have investigated the influence of surface treatment of fillers on the tracking performance of silicone insulator using the IEC 587 tracking test method.

#### 1. 서 론

지금까지 옥외 전기 절연 재료로써 사용되어 온 세라믹은 전기적 절연이 우수하고 외부적 오염 조건에서도 강하여 내오손 및 내후성 측면에서 장점을 지니고 있으나 무거운 중량과 갑작스러운 기계적 충격에 약하다는 단점을 가지고 있다. 최근 산업의 발달로 인한 전력수요 증가로

전력계통의 초고압화가 진행되고 있으며, 이에 따라 절연재의 중량은 지지물의 하중을 가중시켜 더 부가적인 장비를 갖추게 하고 또한 철탑의 높이가 올라가게 되어 송전선의 이도, 대지와와의 절연 등과 같은 문제점이 생긴다. 이와 같은 문제점을 해결하기 위해 세라믹을 실리콘 고무나 EPDM, EPR, Epoxy 수지 등과 같은 고분자 재료로 대체하는 방법에 대한 관심이 증대되고 있다.<sup>[1]</sup> 이러한 고분자 재료를 옥외용 절연재료로 사용하였을 경우 표면의 오염물질과 수분에 의해서 생성된 도전막에 의해 높은 누설 전류와 표면의 미소 방전이 발생하고 그 결과 트래킹(tracking) 파괴가 일어나 고분자 절연 재료의 수명 저하와 전기적 사고를 일으키게 된다.<sup>[2]</sup> 고분자 절연 재료에서 발생하는 트래킹 현상을 억제하기 위한 대책의 일환으로 고분자 재료에 여러 가지 무기물 필러(filler)를 첨가하는 연구가 수행되고 있다.<sup>[3][4]</sup>

본 연구에서는 IEC 587 트래킹 시험법을 이용하여 필러의 표면처리가 실리콘 고무 절연체의 트래킹 특성에 미치는 영향을 조사하였다.

#### 2. 실 험

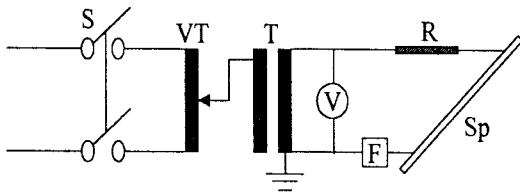
표 1. 시료의 사양

시료	A	B	C
BASE 50	100 PHR	100 PHR	100 PHR
SiO <sub>2</sub> (filler)	100 PHR	80 PHR	0 PHR
ATH	0 PHR	0 PHR	80 PHR
filler 처리방법	A-Silane coated	B-Silane coated	B-Silane coated

본 연구에서 사용된 실리콘 고무 시료는 실리콘 compound된 시료 A, B, C를 Roll에서 경화제를 첨가하여 sheet 형태로 준비하였다. sheet 형태로 준비된 시료를 press molding으로 시편을 제작하였다. press의 조건은 175°C에서 10분간 경화하여 제작하였다.

시료를 크게 세가지로 나누면 ATH를 첨가하지 않고 실리카 필러의 표면 처리를 A-silane 처리된 시료 A와 B-silane 처리된 시료 B, 그리고 ATH를 첨가하여 B-silane 처리된 시료 C로 나눌 수 있다. 자세한 실리콘 고무 시료의 사양은 표 1에 나타내었다.

트래킹 시험용 오손액은 증류수에 도전성 첨가제 NH<sub>4</sub>Cl (0.2±0.004 wt%)와 계면 활성제 Triton X-100 (0.02±0.002wt%)를 첨가하여 준비



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

그림 1. 트래킹 시험 장치의 회로도

표 2. 트래킹 파괴 실험조건

Standards	Contents
Items	
Applied voltage	AC 4.5 [kV]
Specimen	50×120×6 [mm]
Setting angle of specimen	45 [°]
Flow rate of contaminants	0.9 [ml/min]
Series of resistivity	33 [kΩ]
Running time	12 [hours]

하였다. 여기서 도전성 물질인 NH<sub>4</sub>Cl의 농도는 IEC 기준의 2배이다. 이는 기준대로 실험할 경우 트래킹 파괴가 거의 일어나지 않아 상대적인 비교가 곤란하기 때문에 트래킹 파괴시간을 단축하여 시료간의 상대적인 비교가 가능하도록 하기 위함이었다.

시험시에 오손액을 8장의 거름종이 위에 떨어뜨려 거름종이를 거쳐 시료의 표면을 타고 흘러내리도록 하였으며 오손액의 유량은 시험에 앞서 연동펌프를 동작하여 유량을 측정된 후 원하는 유속에 맞도록 펌프속도를 조정하였다. 오손액의 유속은 IEC 기준에는 0.6[ml/min]이지만, 이 실험에서는 시험시간의 단축과 시료간의 상대 비교를 원활히 하기 위해 0.9[ml/min]로 하였다.

시험에 사용된 IEC 587 기준의 시험회로의 개략도와 실험 조건을 그림 1과 표 2에 나타내었다. 여기서 회로의 직렬저항은 33[kΩ], 2차회로인 고압회로의 시험전압은 4.5[kV]를 인가하였다. 전극은 스테인레스로 제작하였으며 약 5회의 시험 후에는 새 전극으로 교환하여 사용하였다.

이 회로에는 과전류계전기와 타이머를 부착하였으며 과전류계전기는 기준치인 60mA로 설정하여 이 이상의 전류가 2초 이상 계속 흐르는 경우에 차단기가 동작하여 시험이 종료되도록 하였으며 가혹한 열화 조건을 부과하기 위하여 최종적인 실험 시간을 12시간까지로 설정하였다.

표 3. 시료의 트래킹 열화 시간

시료	번호	시험시간
A	1	12 : 00
	2	12 : 00
	3	12 : 00
	4	10 : 15
B	1	12 : 00
	2	12 : 00
	3	파괴 - 1 : 50
	4	파괴 - 1 : 28
C	1	12 : 00
	2	12 : 00
	3	파괴 - 0 : 18
	4	파괴 - 0 : 50

### 3. 결과 및 검토

IEC 587 기준에 따라 준비된 동일한 성분의 시료 4개씩을 각각 가속 열화 시켰다. 모든 시료의 트래킹 열화 시간은 표 3에 나타내었다.

그림 2는 표 1의 시료 A의 트래킹 실험 결과를 나타내었다. 시료 A-4(10:15후 파괴)을 제외한 모든 시료가 약간의 침식과 트래킹에 의한 방전로 주위의 검은 그으름 현상만이 있었을 뿐 12시

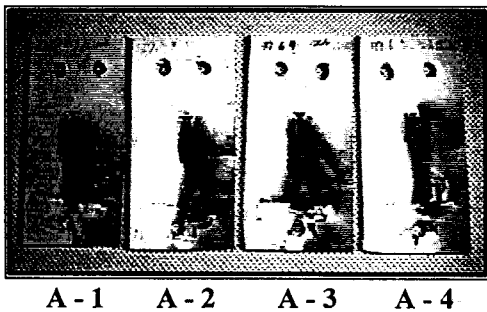
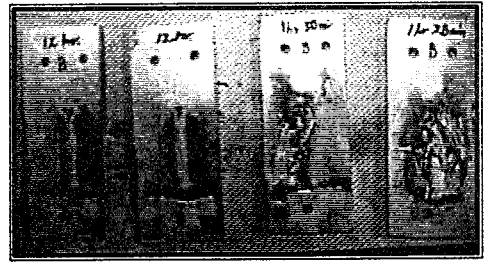


그림 2. 트래킹 실험 후 열화된 실리콘 시료 A



B-1 B-2 B-3 B-4

그림 3. 트래킹 실험 후 열화된 실리콘 시료 B

간의 열화시간을 견디었다.

그림 3은 시료 B의 트래킹 실험 결과로 4개의 같은 성분의 시료 중 2개(B-3, B-4)가 절연 파괴가 일어났다. 절연 파괴가 일어난 두 개의 시료 모두 한번 불이 붙으면 숯과 같이 붉은 빛을 내면서 붉게 타들어 가며 침식활동이 일어났으며 타고남은 부분은 부풀어 오른 상태에서 흰색의 숯 형태의 재가 남았다. 시료 B는 난연성 역할을 하는 것으로 알려진 ATH가 첨가되지 않아 시료에 불이 붙어 연소된 것으로 사료된다.

그림 4는 시료 C의 트래킹 실험 결과로 4개의 시료 중 2개의 시료가 가는 통로를 통하여 방전로가 형성되어 절연파괴가 일어났으며 이는 전형적인 트래킹 열화 특성을 보이고 있다.

실험 결과를 살펴보면 지금까지 알려진 연구 결과와는 달리 시료 A에 나타났듯 ATH 첨가 없



C-1 C-2 C-3 C-4

그림 4. 트래킹 실험 후 열화된 실리콘 시료 C

이도 필러의 표면을 어떻게 처리하느냐에 따라서 실리콘의 내트래킹성 향상을 가져올 수 있다는 것을 알게 되었다.

#### 4. 결 론

본 연구에서는 필러의 표면처리가 실리콘 고무의 트래킹 특성에 어떠한 역할을 하는지 실제 보기 위하여 3종류의 서로 다른 시료를 제작하였고 이에 대해 IEC 587 규격으로 트래킹 특성 시험을 하였다.

실험 결과 일반적으로 난연성을 향상시키기 위해 사용되는 ATH를 첨가한 시료 C 는 전형적인 트래킹 열화 특성을 보였다. 그러나 ATH가 첨가되지 않은 시료 B 는 트래킹 시험 도중 시료에 불꽃을 동반한 화재가 발생하였다. 그러나 ATH가 첨가되지는 않았으나 실리카를 A-silane 으로 표면 처리한 시료 A 는 시험 시간 동안 트래킹 파괴가 일어나지 않았다.

이는 필러의 표면 처리에 따라서 내트래킹성 향상과 더불어 작업성 향상도 가져올 수 있다는 결과를 보여주는 것이다.

#### 참 고 문 헌

- [1] X.Wang, et al, "Contamination Performances of Silicone Rubber Insulator Subjected to Acid Rain", IEEE Trans. Electr. Insul. Vol. 5, pp. 909-916, 1998.
- [2] Mukden Ugur, Brian R. Varlow, "Analyzing and Modeling the 2D Surface Tracking Patterns of Polymeric Insulation Materials", IEEE Trans. Electr. Insul. Vol. 5, pp. 824-829, 1998.
- [3] Hui Deng, R. Hackam, E.A. Cherney,

"Influence of Thickness, Substrate Type, Amount of Silicone Fluid and Solvent Type on The Electrical Performance of RTV Silicone Rubber Coatings", IEEE Trans. Power Delivery, Vol. 11, No. 1, 1996

[4] S. H. Kim, E. A. Cherney, and R. Hackam, "Effects of Filler Level in RTV Silicone Rubber Coatings Used in HV Insulators", IEEE Trans. Electr. Insul., Vol. 27, No. 6, 1992