

高分子碍子用 실리콘고무 材料의 Al(OH)₃에 의한 Tracking性 向上 研究

*
한기만 김동욱 오무원 권혁삼 김영성
금성전선(주) 연구소

Improvement of Tracking Property of Silicone Rubber Used for Out-door
Polymer Insulator According to Aluminium Hydrate Filler

K.M.Hahn D.W.Kim M.W.Oh H.S.Kweon Y.S.Kim
GoldStar Cable Co. Research Institute

Abstract

This paper studies on the improvement of non-tracking property which is very important matter for developing polymer insulator.

Non-Tracking property of silicon rubber used for polymer insulator was investigated by ASTM D 2303 according to Aluminium Hydrate filler. Furthermore other electrical and mechanical properties were estimated. The optimum amount of Aluminium Hydrate should be considered by following test results.

1. 서론

본 보고는 한전 지원하에 국책과제로 수행중인 전철용 고분자 장간애자의 외부재료로서 사용되는 耐Tracking性 Silicone 고무 Comp'd의 개발 연구에 관한 것이다.

최근 고분자 애자는 미국, 유럽 및 일본 등지에서 자기제 애자를 대체하는 신애자로서 널리 사용되고 있다. 전기적 특성이 우수하고 깨어지지 않으며 경량인점등 다양한 장점 때문에 그 사용 범위가 계속 확대되고 있는 추세이다. 고분자애자의 외부 절연재료로서는 Silicone 고무, EPDM, 에폭시 등이 적용되고 있지만, 여러가지 연구 개발을 통해 Silicone고무가 옥외의 열악한 환경이나, 오염 등에 처해 가장 훌륭한 성능을 발휘하는 것으로 널리 알려져 있다.

Silicone 고무는 자기제나 기타 합성고무보다 현저히 뛰어난 발수성을 가지고 있어 오염이나 절연 열화

특성에서 탁월한 성능을 갖는다.

본 보고는 옥외용 폴리머애자 재료로서 耐Tracking性을 갖는 Silicone고무의 개발을 목적으로 Al(OH)₃ (Aluminium Tri-Hydrate;이하 ATH라고함)를 충전하여 재료의 Tracking性 향상을 연구한 것이다.

ATH의 충전량에 따른 각종 전기적 특성 및 기계적 성능의 변화를 조사하여 고찰하였으며, 각 시험 결과를 종합하여 최적의 ATH 충전량 범위를 조사하였다.

2. 시험방법

2-1. 시료

시료는 Dimethyl Siloxane系的 실리콘 Base수지를 Roll Mixer를 사용하여 상온에서 경화제 및 ATH를 투입하여 약 30분간 Mixing 한후 Hot Press를 사용하여 180℃ 10분간 경화시켜 제작하였다.

이때 시험항목에 따라 耐Tracking性 시험 시편은 7mm, Compression Set 시험용 시편은 12.5mm로 제작하였으며, 기타 물성 시험용으로 1mm, 3mm 두께의 시료를 제작하였다.

ATH의 충전량은 <표 1>에 나타난 것과 같이 변량하여 시료를 제작하였다.

<표 1> 제작된 시료의 조성 단위 : phr

\	A1	A2	A3	A4	A5	A6
Silicone Base Resin	100	100	100	100	100	100
ATH	-	30	60	90	120	150
경화제	1	1	1	1	1	1

2-2. 시험항목 및 방법

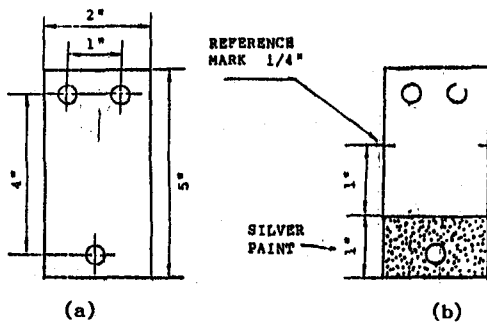
ASTM D 2303 法에 의한 경사면 오손액 주입에 의한 Tracking 시험을 실시하였으며 ATH 충전량에 따른 AC 절연파괴 강도를 측정하였고 체적저항 및 표면저항의 측정을 통하여 절연 성능의 변화를 조사하였다.

또한 유전을 및 유전 점접의 변화 추이를 조사하여 Tracking 특성의 향상과 함께 전반적인 전기적 특성의 변화 추이를 검토하였다.

전기적 특성과 함께 실제 예자의 제조, 포설후 중요한 특성이 되는 기계적 특성을 조사하였다.

절연재료 표면의 오손 및 전기적 파괴에 처한 많은 시험들이 고안되었으나, 비교적 소수의 시험들만이 규격화되어 있으며 IEC 규격의 상대 Tracking 지수 시험법과 ASTM D 2303의 경사면 액체 오손에 의한 Tracking 시험법이 가장 대표적인 시험 기술로 적용되고 있다.

본 연구에서는 옥외용 고무 재료의 시험에 적합한 것으로 판단되는 ASTM D 2303 시험법, 즉, 경사면 액체 오손에 의한 Tracking 열화시험을 실시하였다.



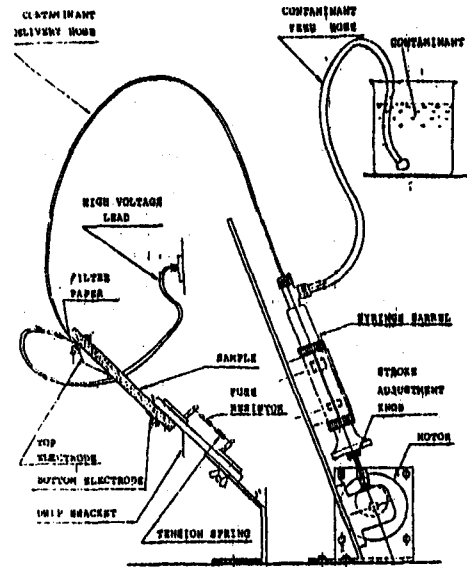
<그림 1> 트래킹 시험 시편

<그림 1> 과 같이 폭 2inch, 길이 5inch 짜리 시료를 준비하여 Alcohol 및 증류수로 표면을 닦고 <그림 1>의(B)와 같이 하부 1inch 지점까지 은분을 도포하며 이렇게 형성한 하부 전극의 위쪽으로 1 inch 지점에 트랙 기준선을 표시한다. <그림 2> 와 같이 구성된 시험기에 시료를 장착하고 전압을 인가하여 Track 이 발생되는 시간 및 1inch부의 트랙 기준선까지 Tracking이 도달하는 시간을 측정한다.

시험에 사용한 오손액은 증량비로 0.1%의 Amonium Chloride와 0.02%의 Non-ionic wetting Agent(Triton

x - 100)을 증류수에 희석한 것으로서 상온에서 370~400 Ωcm의 저항율을 갖도록 하여 사용하였다.

시험전압은 4kV 로 하였으며 규격에 따라 오손액의 주입량을 0.6ml/min로 하였다.



<그림 2> 트래킹 시험 장치 구성도

3. 실험결과 및 고찰

3-1. Tracking 시험결과

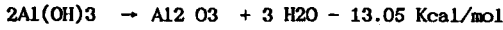
ATH의 변량에 따라 Time-to-track 시험법에 따라 Tracking 이 1inch에 도달하는 시간을 측정한 결과는 <그림 3> 과 같다. ATH를 충전하지 않은 시료의 경우 4kV 전압하에서 약 15분 만에 track이 발생하여 45분내외에 1inch까지 track이 진전하였다. Track의 형태는 좁게 형성되었으며 탄화된 잔류물은 짙은 회색을 나타내고 있다.

ATH를 30phr에서 90phr 까지 증가시킨 시료의 경우 공히 Tracking 개시 시간과 1inch Tracking도달시간이 길어지고 있다.

또한 Tracking 의 진전 형상도 점차로 넓어지는 경향을 나타내고 있으며 1inch 도달시 Tracking 부위의 침식 깊이도 점차로 깊어지는 경향을 나타낸다.

ATH를 120phr 충전한 시료의 경우에는 900분 이상 시험에도 Tracking 이 발생되지 않는 양호한 결과를 보이고 있으며 이때, 침식도 거의 일어나지 않고있다. 이와 같은 Tracking 현상은 오염 표면에서의 미

소 불꽃 방전(cintilation) 현상에 따른 절연재료 표면의 열 열화 및 연소에 기인하는 것으로서, ATH 증진시에는 방전 에너지에 의하여



과 같은 흡열반응이 일어나고 이와 같은 반응에서 에너지의 흡수가 일어나는 것과 H₂O에 의한 한 표면 세정 등의 효과에 의해 Tracking이 억제되는 것으로 알려져 있다.

3-2. 기타 물성시험

앞 항의 Tracking시험에서 ATH가 120p/hr 이상일 경우 시험 전압에서 Tracking이 발생하지 않음을 알 수 있었다. Tracking특성 외의 재료의 물성 변화를 <표 2>에 종합적으로 나타내었다.

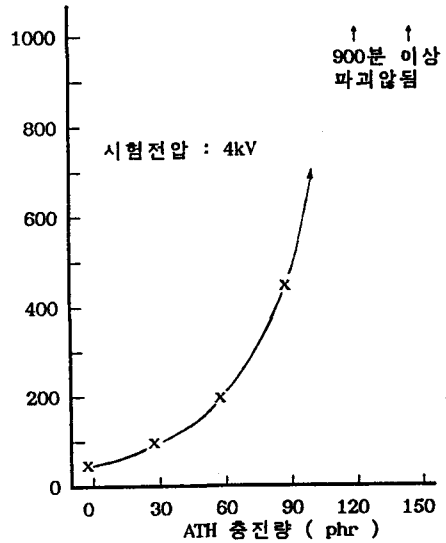
ATH증가에 따라 인장강도는 0.75kg/mm²에서 0.29kg/mm²까지 저하하는 경향을 나타내고 있으며, 신율은 ATH 60p/hr에서 500%로 최대치를 나타내다가 감소하였다. 재료의 인열 강도는 22kg/cm에서 13kg/cm까지 감소하는 경향을 나타내고 있다.

<표 2> ATH 변량에 따른 재료의 기본물성

\	A1	A2	A3	A4	A5	A6
인장강도 (kg/mm ²)	0.75	0.70	0.61	0.44	0.33	0.29
신율 (%)	473	484	500	415	339	235
산소지수 (%)	21.5	34.0	37.5	39.0	45.0	50.0
인열강도 (kg/cm)	22	17	17	15	14	13
체적저항율 (Ωcm) ¹⁰⁽¹⁴⁾	92	35	17	8.5	5.7	4.3
AC파괴강도 (kV/mm)	29.7	28.8	25.3	25.1	22.2	21.4

재료의 난연성을 평가하기 위해 KS M 3032 에 따른 산소지수 시험을 실시하였으며 Base Resin의 산소지수 21%에서 ATH를 150p/hr 증진한 경우 50% 까지 증가하는 결과를 나타내고 있다.

Tracking특성 외의 電氣의 특성은 전반적으로 저하하는 경향을 나타낸다. AC파괴 특성의 경우 30KV/mm



<그림 3> ATH 증진에 따른 트래킹 특성

에서 21KV/mm까지 감소하는 경향을 나타내고 있으며, 체적 저항율 및 표면 저항율도 ATH의 증진량에 따라 저하하는 경향을 나타내고 있다. 이는 ATH가 Silicone 고무의 절연 성능을 저하시키는 불순물 및 결합을 증가시킨 효과를 나타낸 결과인 것으로 사료된다.

이와 같이 전반적인 전기적 특성의 저하와 기계적 강도의 변화를 종합적으로 고려하여 Tracking성과의 상관관계를 조사하여야 하며 이를 통한 종합적 판단으로 ATH의 증진량을 결정하여야 할 것이다.

4. 결론

1) ATH의 증가와 함께 재료의 Tracking성이 향상되며 120p/hr 이상의 ATH를 증진한 경우 4KV 전압하에서 Tracking이 발생하지 않았다.

2) 재료의 난연성 평가를 위한 산소지수 시험 결과 Base재료 21%에서 ATH 150p/hr 증진시 50%까지 증가하는 경향을 나타내었다.

3) ATH의 증가에 따른 Tracking성 향상과는 별도로 기계적 강도는 대체로 감소하며 가열 잔율은 증가하는 경향을 나타낸다.

4) ATH 증진량 증가에 따라 저항율 및 AC파괴 강도 등의 전기적 특성은 대체로 저하하는 경향을 나타내며 이는 재료에 불순물 증가 효과에 기인하는 것으로 사료된다.