

옥외용 실리콘 절연재의 가속열화특성 고찰

양우영*, 황복명, 김관성, 전찬오
대한전선(주) 기술연구소

An Experimental investigation on the accelerated aging characteristics of silicone rubber for outdoor application

W. Y. Yang*, B. M. Hwang, K. S. Kim, C. O. Cheon
R&D Center of Taihan Electric-Wire Co.

ABSTRACT

Specimen of silicone rubber used to make the weathersheds for High-Voltage composite insulator were aged in laboratory. The aging characteristics of silicone rubber have been assessed by compairing their hydrophobicity and electrical properties, before and after aging with weather ometer. Results show that their initial and time dependant characteristics are good.

1. 서론

최근, 고분자 절연재료의 기술발전과 더불어 절연분야에서 고분자 재료의 채용이 증가되고 있다. 옥외용 애자의 경우 현재까지도 자기재가 주종을 이루고 있는 가운데 에폭시, EPDM, 실리콘등의 고분자 재료는 대체 재료로서 최근 크게 부각되고 있다. 이들 재료는 전기 및 기계적 특성 뿐만 아니라 성형성이 우수하고 소형, 경량 및 대량 생산이 가능한등 여러 잇점을 가지고 있어서 구미 지역에서는 이미 송·배전급으로도 실용화가 되고 있고, 현장 적용도 지속적으로 증가하고 있다.

태양광, 기온변화, 수분 및 여러유형의 오염물질등의 복합 작용으로 인해 고분자 재료의 전기적, 기계적 특성은 점차로 저감하게 되며 특히 젖은 상태에서의 특성변화는 중요하다. 고분자는 초기에 높은 발수성을 갖지만 'weathering' 후 오염·습기가 계속해서 수막형태로 유지될 수 있어서 표면의 도전성을 크게 증가시킨다. 수막에서의 열손실은 극부적으로 증발을 일으키고 상대적으로 낮은 stress에서 'dry band'를 형성하며 이곳으로의 전계 집중은 방전을 야기시킬수 있다. 방전에 의한 전류와 에너지의 손실은 폴리머 표면에 트레킹 및 침식을 일으키기에 충분하게 된다. 따라서 애자의 장기성능을 확보하기 위한 재료적 측면에서 weathering 및 트레킹, 침식에 대해 우수한 고유의 내성을 가지는 재료를 사용하는 것이 바람직하다.

본 연구에서는 내후성과 내트래킹성이 우수한 실리콘 절연 재료를 대상으로 자연상태의 자외선, 강우, 온도, 습도등을 모의한 가속열화시험을 실시하고, 시험시간의 변화에 따른 재료의 발수성과 Tracking 특성을 비롯한 기타 전기적 특성 변화를 고찰하고자 한다.

2. 실험

2.1 시료

실리콘은 재료구조상 광이나 화학물질에 의한 분해가 쉽게 일어나지 않으며 표면에너지가 낮고 내열성이 높아서 내후성과 내트래킹성면에서 커다란 장점을 지니고 있다. 더우기 실리콘의 높은 표면에너지는 강우시에 표면의 누설전류를 제한하여 설락을 억제하는 효과까지 지닌다.

실제 고분자 애자용 재료는 특성향상을 위한 각종 첨가제가 들어가게 되며 그중에서도 내트래킹성의 향상을 위한 무기물의 첨가가 필수적이다. 무기물은 일반적으로 ATH(Aluminium Tri-hydrate)를 첨가하는 방법을 쓰고 있으며 실리콘의 경우에 적절한 배합량은 80 - 150 phr 정도로 알려져 있다.

본 실험에서는 표 1과 같은 조성으로 2종의 실리콘 재료를 배합하여 4mm 두께의 press sheet를 제작하였다. 한편 참고용으로 외국 0사 고분자 애자의 완제품에서 shed를 채취하여 일부 시험을 실시하였으며 shed의 두께는 약 4mm 정도이었다.

표 1 시험시료 조성

	A 시료	B 시료	외국 0사 shed
베이스	실리콘 A	실리콘 B	실리콘 + EPDM
ATH Content(phr)	125	125	
ATH 입도	3µm	3µm	
Hardner(phr)	0.8	1.3	

시료의 가속열화는 쉐트 아몰라스社의 Weather-Ometer(TYPE 25-WR)를 이용하였고 표 2와 같은 실험조건으로 각기 1000, 2000시간동안 행하였다.

표 2 가속열화 시험 조건

Xenon Lamp Wave Length	275nm ↓ (Borosilicate Filter)
Black Pannel Temperature	63°C
Relative Humidity	30 ± 5%
Spraying	28 times / 2 hrs \times 0.84 - 1.26kg/Cm ²
Water	Filtering Tap Water
Rack Diameter	508mm
Rack Rotate	1 ± 0.1 rpm

3. 결과 및 고찰

가속열화 전과 1000시간 열화 후, 그리고 2000시간 열화 후에 각각 특성변화를 관찰하였다. 특성변화를 보기 위한 시험중 시료 표면에 관계되는 시험-표면 균열 검사, 접촉각 측정, 표면저항, Tracking 시험등-은 직접 자외선에 노출된 면을 대상으로 하였다.

3.1 표면 육안 검사

1000시간 열화 시료 및 2000시간 열화시료의 표면에 대해 표면결합, 즉, Crack, crazing, erosion의 발생 여부와 변색여부를 보았다. 모든 시료의 양측 표면에서 결합의 흔적은 발견되지 않았다. 다만 시료의 변색에 있어서도 A, B는 변화가 없는 반면에 C는 원래의 색보다 약간 황색을 띠는 쪽으로 변화였다. 이러한 변색은 광원을 마주보는 쪽면에서 발생하였으며 열화시간이 길어짐에 따라 다소 심하였다.

3.2 Tracking 시험

Tracking 시험에는 경사진 시료의 표면에 오염액을 흘리며 전압을 인가하는 IEC 587, ASTM D 2303의 방법과 회전하는 바퀴를 이용한 RWDT(Rotate Wheel Dip Test)법등 여러 방법이 있으며 본 시험에서는 이중 ASTM D 2303의 방법을 채택하였다. 인가전압은 AC 4KV였으며 오염액은 0.1wt%의 NH₄Cl과 0.02wt%의 Triton X-100을 증류수에 첨가하여 제조하였다. 이 오염액의 도전율은 380.Ω·cm이며 분당 주수량은 0.6cc로 하였다.

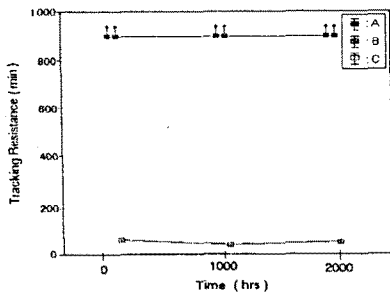


그림 1 가속열화 시험시간에 따른 트래킹 특성

그림 1은 건전시료와 열화시료의 1 inch 트래킹 건전시간을 나타낸다. 전체적으로 실리콘 베이스 재료인 A, B는 C시료보

다 뛰어난 트래킹성을 보였는데 이것은 ATH 배합등 내트래킹성 향상을 위한 처방 외에도 낮은 표면에너지와 우수한 내열성으로 트래킹의 발생과 진전을 억제하는 실리콘 자체의 특성에 기인한다고 볼 수 있다. 가속열화 후는 A, B, C 시료 모두 트래킹 진전 측면에서 별다른 특성의 저하를 보이지 않았으나 침식의 경우 열화전에 비해 폭 넓게 침식되는 양상을 보였다.

3.3 접촉각 측정

표면의 젖음성은 시료의 내오손성을 볼 수 있는 매우 중요한 특성이다. 시료 표면의 젖음성은 그 시료 고유의 발수성(hydrophobicity)에 좌우되며 발수성의 정도는 접촉각을 측정함으로써 알수 있다. 즉, 접촉각이 크면 오염물질의 부착을 효과적으로 막을 수 있다.

접촉각 측정시 물방울 양은 10μl였으며 측정 시간은 물방울을 떨어뜨린 후 15초 이내로 하였다. 접촉각의 변화를 그림 2에 나타내었다.

가속열화 후 A, B 시료가 건전시에 비해 다소 상승한 값을 나타낸 반면 C 시료는 다소 감소된 결과값을 나타내었다.

측정값의 변동폭에 있어서는 A, B, C 시료 모두 가속열화 시간에 비례하여 변동의 폭이 심하였다. 이는 시료 표면의 거칠기 변화에 기인하는 것으로 생각된다.

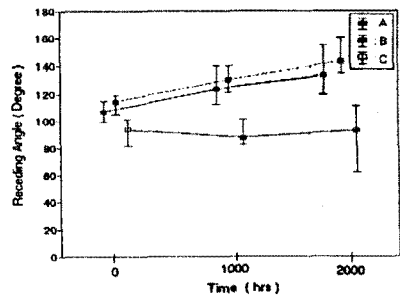


그림 2 가속열화 시간에 따른 접촉각 특성

3.4 절연피괴강도

절연피괴강도 시험의 전극은 상부에 1/2 inch구전극, 하부는 1/2 inch 평판전극을 사용하였고 전압상승 속도는 2KV/sec로

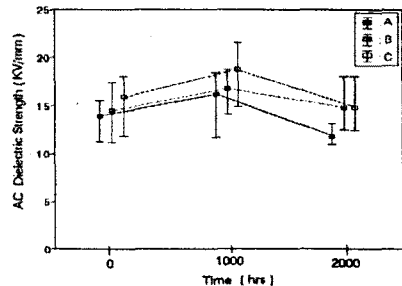


그림 3 가속열화 시간에 따른 교류피괴전압 특성

하였다. 그림 3의 결과에서 A, B, C 모두 1000시간 열화 후의 특성치가 건전시보다 다소 상승하였다가 2000시간에서는 건전시의 특성치와 비슷하거나 다소 감소하는 경향을 보였다.

3.5 유전율, $\tan \delta$

유전율과 $\tan \delta$ 값의 측정에는 TETEX사(Type 2821)의 설비를 이용하였다. 시료와 전극간의 밀착을 위해 시료 표면을 증류수로 세척하여 잘 건조시킨 후 사용하였다.

유전율의 경우 열화시간의 증가에 따라 다소 감소되는 경향이었으며 $\tan \delta$ 는 다소 증가하는 경향을 보였다.

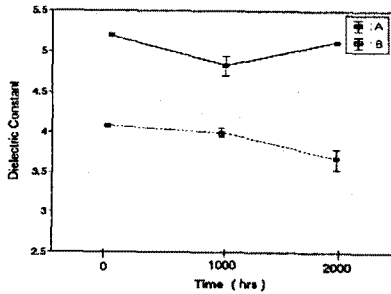


그림 3 가속열화 시간에 따른 유전율 변화

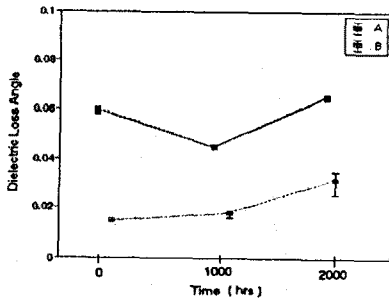


그림 4 가속열화 시간에 따른 $\tan \delta$ 특성변화

3.6 절연저항

체적고유저항과 표면저항은 500V의 전압으로 측정하였다. 전체적인 경향은 체적고유 저항값이 약간 감소하였으며 표면저항은 다소 증가하였다. 그러나 전반적으로 큰 특성의 변화

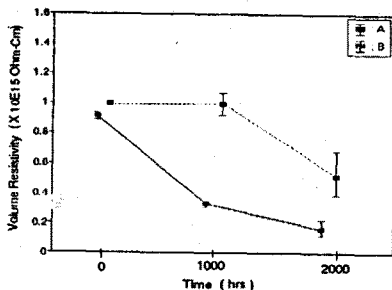


그림 6 가속열화 시간에 따른 체적고유저항 변화

는 없는 것으로 보인다.

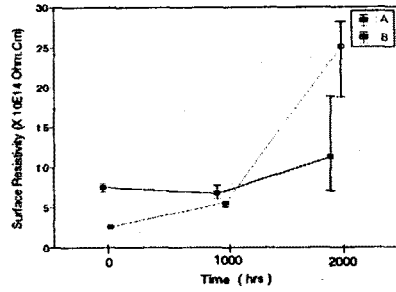


그림 6 가속열화 시간에 따른 표면저항 변화

4. 결론

- [1] 2000시간까지 Weather Ometer로 가속열화 시킨 시료 표면에서는 균열이나 부식이 일어나지 않았다.
- [2] 실리콘 재료는 열화 후 접촉각이 다소 높아졌으며 트래킹 시험에서는 침식의 폭이 다소 증가하였다. 이러한 결과는 시료 표면의 거칠기의 변화에 기인하는 것으로 생각된다.
- [3] 기타 전기적 특성에서도 초기특성에 비해 다소간의 특성변화는 인지되나 큰 변화는 없었다.

5. 참고 문헌

- [1] C.DE Tourrell, P.Bourdon, J.Lanteigne, "Ageing of Composite Insulator Caused by Service and Simulated Service Conditions" IREQ-Hydro-Quebec, Cigre 1986 15-01
- [2] R.G Houlgate, D.A. Swift, A.Cimador, F.Pourbaix, G. Marrone, P. Nicolini, "Field Experience and Laboratory Research on Composite Insulator For Overhead Lines" CEGRE 1986 15-12
- [3] M.Ieda, M.Kahle, J.H. Mason, T.Orbeck, A.W. Stannet "Testing Of High Polymer Insulator Application Review, Analysis And Development", CIGRE 1986 15-11