

EPDM 냉열 사이클에 의한 열화와 전기적 특성에 관한 연구

유승덕*, 김석기**, 박강식***, 박양범#, 노명철##, 한상옥*
충남대학교*, 에너지연구소**, 대덕대학***, 청주기능대학#, 대덕중**

A Study on the Aging and Electrical Characteristics of EPDM by Cooling and Heating Cycle

S. D. Yu*, S. K. Kim**, G. S. Park***, Y. B. Park#, M. C. No##, S. O. Han*
ChungNam Univ*, KERI**, Taedok Coll***, ChungJu Polytechnic Coll#, Taedok M. S**

Abstract - This paper deals with the surface aging and electrical characteristics of EPDM specimen with cooling and heating cycle. Then dielectric loss and weight loss are measured to evaluate electrical properties of EPDM on bulk and surface. The specimens which underwent aging cycle over 600 hr reveal severe erosion on EPDM surface.

1. 서 론

전력 수요의 급격한 증가에 따라 각종 수·변전 기기들은 점차 대형화, 고전압화 되어가고 있으며 이에 따라 그에 부속되는 기기와 부속품들 또한 보다 우수한 성능이 요구되고 있다. 이와 같은 추세에 따라 송배전 선로에 채용되고 있는 애자도 porcelain 애자에서 보다 가볍고 절연성능이 우수한 복합 고분자 애자로 교체되어가고 있는 추세이다. 고분자 애자는 전기적, 기계적으로는 porcelain 애자에 비해 우수한 특성을 가지고 있으나 내열, 내후특성이 뒤지는 단점 때문에 전력설비의 운용 및 전력공급의 신뢰성 차원에서 절연재료에 대한 열화특성 평가 연구는 필수적이다.

최근 개발되어 이용되기 시작한 EPDM(Ethylene Propylene Dine Monomer) 절연재료는 전기 절연성이 우수하고 물리적 특성도 매우 우수한 절연재료로 알려져 있다. EPDM은 ethylene과 propylene의 조성비에 의해 분자구조나 결정화도가 달라지며 그에따라 전기적, 물리적 특성도 달라지게 된다. 또한 부싱이나 애자와 같이 옥외용 절연재료로 사용되는 EPDM은 각종 충전제와 첨가제의 비율에 의해 내트래킹성이나 내후성이 많이 개선되었지만 내후 특성이 매우 우수한 기존의 porcelain 애자에 비해 다소 불만스런 결과를 나타낼 수 있다. 따라서 본 연구에서는 고분자 복합 절연재료가 옥외용 절연재료로서의 적절한 특성을 갖고 있는가를 평가하기 위하여 EPDM 절연재료를 이용하여 IEEE 1024에서 권장하는 열화시험 기준에 맞추어 열화 시험 열화시간에 따른 열화 현상과 전기적인 특성을 조사하였다.

2. 실험 방법

본 연구에 적용한 열화 사이클은 온도를 상온에서부터 4시간 이내에 -50℃로 냉각한 후 8시간을 유지한 다음 다시 4시간동안 +50℃로 온도를 상승시킨후 8시간을 유지하는 24시간 1사이클로 유지하였다. 챔버사이즈는 248mm×400mm 1470×mm로 하였으며 열의 출입에 의한 챔버 내부의 온도 편차를 줄이기 위해 챔버는 이중으로 처리하고 팬을 이용하여 공기를 순환시켰다. 시험용 시료는 옥외용 애자로 사용되는 EPDM 완제품과 EPDM 시험용 sheet를 제작하여 사용하였다. 가속열화 시간은

총 1000시간으로 하였으며 측정을 위하여 필요에 따라 시료를 발채하여 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 열화현상과 중량 변화 특성

그림 1은 EPDM의 열화시간에 따른 중량손의 변화를 나타낸 것이다. 열화 개시후 초기의 400시간까지는 열화 사이클에 의한 중량손실이 비교적 크게 나타났으나 점차 중량손실이 감소하여 일정한 비율을 나타내게 되었다.

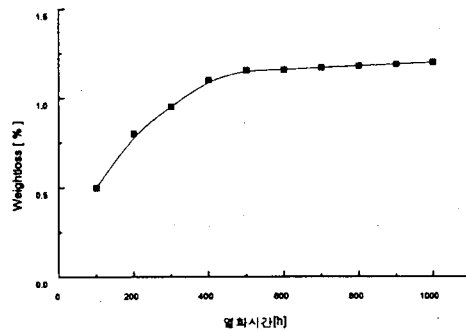


그림 1 열화시간에 따른 중량손의 변화

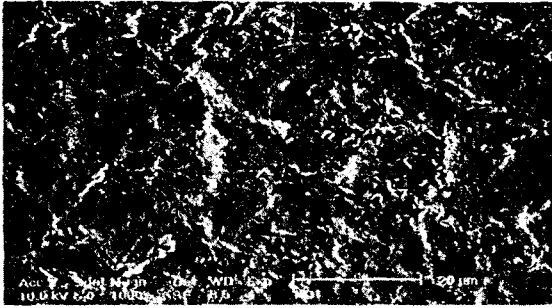
이와 같이 열화 시간 초기에 중량손실이 크게 나타나는 것은 시료 표면에서 발생하는 것이라 보기에는 어렵다. 그 이유는 그림 2의 열화시간에 따른 표면 현상에서 확인할 수 있는 것처럼 열화 시험 초기에는 표면에서의 erosion현상이 거의 관측되지 않았기 때문이다.

따라서 열화시간 초기에 나타나는 중량 감소는 bulk에서의 변화에 기인되는 것으로 추정된다. 즉 EPDM 절연재료는 각종 첨가제가 첨가된 상태이지만 이들은 제조 공정중에 화학적인 반응에 의해 제거되어 실제로는 이들 중 미량만이 벌크에 그대로 남아 있게 된다.

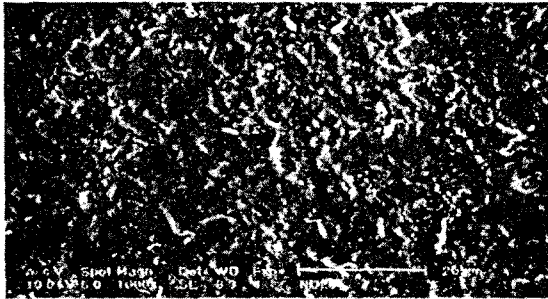
이 들은 열화사이클 동안 화학적 반응을 일으켜 그 부산물인 가스나 수분을 발생시키고 이 과정에서 중량의 감소가 일어나는 것으로 생각된다. 이와 같은 추정은 그림 3의 EPDM의 벌크 상태에 대한 SEM 관측으로부터 확인이 가능하다.

즉 열화 시간 초기 100시간이내에는 가스 분출등에 의한 기공이 거의 관측되지 않지만 300시간에서는 그러한 기공들이 많이 관측되는 것을 통해 확인할 수 있다.

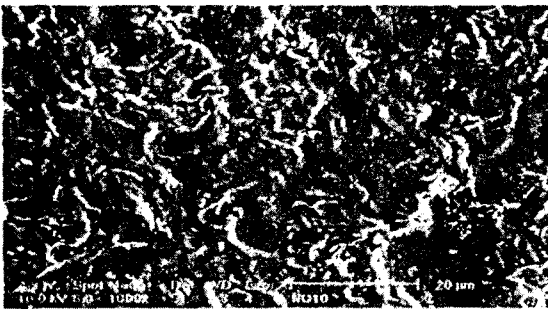
이 외에도 열화에 따른 중량 감소는 절연재료내의 저분자량 성분들에 의한 것으로도 추정되는데 이 메커니즘은 다음과 같이 설명되어질 수 있다.



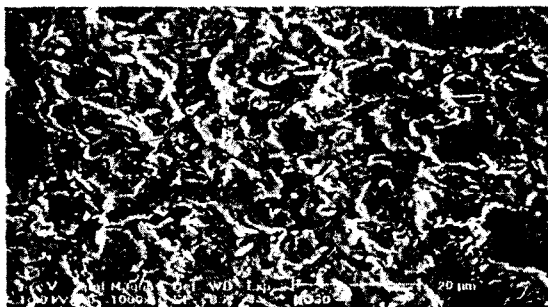
(a) 100시간 열화 후 EPDM 표면



(b) 300시간 열화 후 EPDM 표면

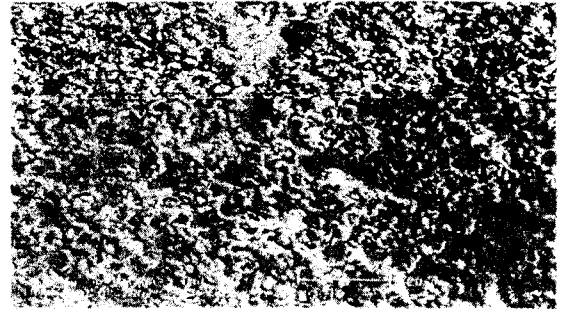


(c) 600시간 열화 후 EPDM 표면

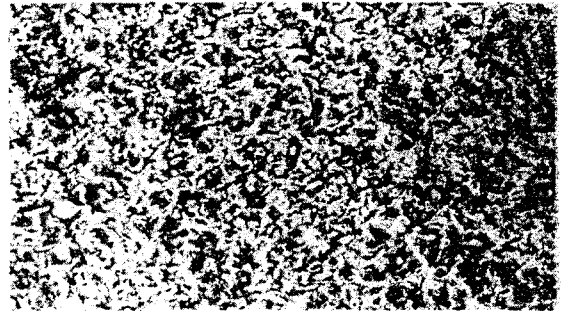


(d) 1000시간 열화 후 EPDM 표면
그림 2 열화시간에 따른 EPDM 표면

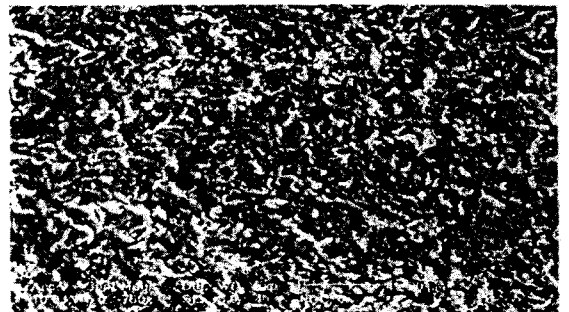
대부분의 고분자 절연재료는 각종 첨가물에 의해 재료 표면에 유막이 형성되어 있으며 이 유막성분은 시험 중의 각종 열화 요인들에 의해 제거되며 그 경우 농도차에 의해 내부에서 유막성분이 외부로 확산된다. 따라서 본 시험에서도 장기적인 열화에 의해 내부로부터 지속적인 oil 성분의 분출에 의해 중량감소가 나타나는것이라 생각된다.



(a) 300시간 열화후 bulk



(b) 600시간 열화후 bulk



(c) 1000시간 열화후 bulk

그림 3 열화시간에 따른 EPDM bulk

3.2 전기적 특성

유전체손은 절연재료의 전기적 특성에 영향을 미치는 중요한 요소중의 하나로서 유전체손은 절연체의 누설전류를 증가시켜 전력손실과 절연물의 온도상승에 의한 열화를 가속시키는 요인으로 작용하게 된다. 본 실험에서 관측된 결과에 의하면 열화시간이 증가함에 따라 유전체손이 지속적으로 증가하는 것으로 나타났으며 이것은 열화 싸이클에 의한 표면침식이 진행함에 따라 시료표면에서의 수분 흡착력 증가에 의해 나타나는 것으로 사료된다.

본 연구는 충남대학교국책사업단의 연구지원에 의해 수행되었음.

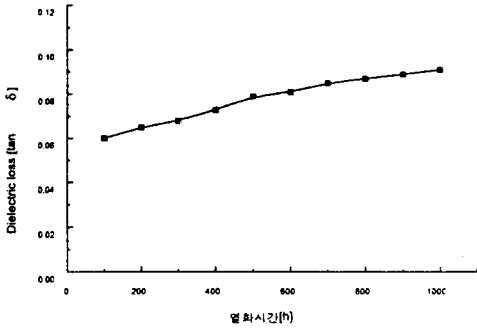


그림 4 열화시간에 따른 유전체손의 변화

3. 결 론

냉열사이클에 의해 EPDM 시료를 열화시켜 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 냉열사이클에 의해 열화된 EPDM 시료의 내부 침식이나 bulk의 수분제거로 인해 중량이 감소하였다.
2. 절연성능의 평가를 나타내는 유전체손이 점진적으로 증가하는 것으로 보아 EPDM의 시간에 따른 수명의 예측을 할수 있을 것으로 사료된다.
3. 표면 열화 현상을 관찰할 수 있는 SEM에서는 시간에 따른 열화의 정도를 관찰 할 수 있었다. 이는 열화에 의해 표면 침식이 발생해 중량이 감소하는 원인을 확인 할 수 있었다.

[참 고 문 헌]

- [1] R.S. Gorur, J. Chang and O.G. Amburgey, "Surface hydrophobicity of polymeric materials used for outdoor insulation applications", IEEE Transactions on Power Delivery, Vol. 5, No.4, pp. 1923-1933, 1990.
- [2] R.S. Gorur, E.A. Cherney and R. Hackam, "The ac and dc performance of polymeric insulating materials under accelerated aging in a fog chamber", IEEE Transactions on Power Delivery, Vol. 3, No. 4, pp. 1892-1902, 1988. fog chamber". IEEE Transactions on Power Delivery, Vol. 5, pp. 1078-1085, 1990.
- [3] R.S. Gorur and T. Orbeck, "Surface dielectric behavior of under HV outdoor conditions", IEEE Transactions on Electrical Insulation, Vol. 26, pp. 1064-1072, 1991.
- [4] V. Chaudhry (graduate student), R. S. Gorur, M. Dyer and R.S. Thallam), "Electrical performance of polymer housed surge arrestors under contaminated conditions", IEEE Transactionson Power Delivery, Vol. 6, No. 2, pp. 696-705, 1991.
- [5] 한상일, 유승덕, 이병성, 윤진열, 박강식, 한상욱, "Salt Water Boiling에 의한 Silicone Rubber의 표면열화특성", 대한 전기학회 하계학술대회, pp 1497-1499, 1997.