

염무 및 자외선에 의한 EPDM의 전기적 특성변화

최남호^{*}, 김재훈^{*}, 조희연[#], 박강식^{**}, 한상옥^{*}
충남대학교^{*}, 연무기계공고[#], 대덕대학^{**}

The Characteristics of EPDM by Exposure to Salt Fog and Ultra-violet

Nam Ho Choi^{*}, Jae Hoon Kim^{*}, Hee Yon Jo[#], Kang Sik Park^{**}, Sang Ok Han^{*}
Chungnam National University^{*}, Youn Moo Tech. High School[#], Taedok College^{**}

Abstract - This study deals with the aging effect of EPDM, to understand the surface hydrophobicity mechanism and electrical characteristics due to UV irradiation and salt fog. A mini chamber was fabricated for this test. The specimen was subjected a specific aging cycle. With the result of various analysis methods and investigation, we could make a advanced understanding to the aging mechanism, like as the relationships of the surface morphology and surface electrical characteristics.

1. 서 론

최근 우수한 고분자 전기절연재료들이 각종의 옥외용 절연물에 적용되고 있다. SR(silicone rubber), EPDM, EVA(ethylene vinylacetate copolymer), PTFE (poly tetrafluoro ethylene)등과 같은 대표적인 고분자 전기절연재료들이 line insulators, cable terminations, bushings, surge arrestors housings 등에 응용되고 있다. Porcelain이나 glass등의 무기질 전기절연재료와는 달리 고분자 전기절연재료는 낮은 표면 자유 에너지(surface free energy)를 갖으며 이로 인해 소수적인 표면특성(hydrophobic surface)을 지닌다. 또한 각종의 옥외 환경요인 및 건조대 방전등에 의해 표면의 소수성을 상실하여 친수적 특성을 갖게 된 후에도 수 시간(8~12시간)의 휴식(rest without stress)을 통하여 이를 회복하는 우수한 특성을 지닌다.

하지만 고분자 전기절연재료는 기존의 대표적인 옥외용 전기절연재료들(porcelain, glass)에 비해 내후성 및 열적, 화학적 안정성 면에 있어서는 미흡함을 지닌다. 즉, 고분자 전기절연재료의 경우에 있어서는 옥외환경에서의 사용에 따른 열화에 의한 장기적인 신뢰도와 실계통에의 적용경험의 축적이 절실히 요구된다. 이러한 실정에 따라, 국내는 물론 선진외국의 경우에 있어서도 실제 환경의 열화요인 분석 및 환경모의를 통한 가속열화실험, 실계통에

의 적용을 통한 경험축적을 중심으로 활발한 연구가 진행중에 있다. 본 연구에서는 대표적 옥외용 고분자 전기절연재료의 하나인 EPDM에 대하여 주요 열화요인으로 알려져 있는 염무 및 UV조사시에 따른 특성변화에 대해 알아보았다.

2. 실험

본 연구를 위하여 ASTM 2132에 부합하는 salt fog chamber(600(width) × 885(depth) × 800(height) mm)가 제작, 사용되었다. Chamber의 외벽을 포함하는 주된 구조물은 5mm 두께의 투명 아크릴이 사용되었다. 시료는 삼홍중전기(주)의 EPDM을 사용하였으며 두 종류(두께 2mm, 6mm)의 판상 시편을 상·하부 전극 및 경사판, 고압 인입선등과의 관계를 고려하여 50 × 85 mm의 크기로 절단하여 사용하였다. 전극은 IEC 60587에 준하여 제작하였다(그림 1 참조). 전원으로는 220/15,000 V, 정격용량 160 VA의 transformer의 입력을 제어함으로써 원하는 출력(400 V/cm)을 도출하였다. 또한 누설전류의 간접적 측정을 위하여 보호저항(Rp), 브리지 정류회로, 다이오드 등으로 구성되는 그림 2와 같은 회로를 구성하였다. IEC 60060에 준하여 10 g의 정제된 NaCl을 1ℓ의 수돗물(tap water)에 첨가하여 준비된 소금용액을 초음파진동자(ultra-sonic vibrator)를 사용하여 fog의 형태로 만든 뒤 송풍기를 사용하여 chamber내부로 유입시켰다. 또한 chamber내의 균일성 확보를 위하여 내부에 순환팬을 설치하였으며, salt fog cycle의 종료와 함께 벽면에 위치한 순환팬을 기동시켜 제습이 이루어 지도록 하였다. UV램프로는 280~315, 315~380 및 380~450 nm 사이의 출력 파장을 갖는 OSRAM ULTRA - VITALUX(300W)를 사용하였으며 시료간 조사량의 균일성 확보를 위하여 깊이 방향으로 2개 적용하였다. 본 연구에는 ASTM G 23에서 추천하고 있는 열화주기 중 "Method 2 - Alternate exposure to light and darkness and intermittent exposure to water spray"를 적용하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 Material degeneration

SEM을 사용하여 처리시간 경과에 따른 EPDM의 표면 및 벌크의 형상변화를 관찰하였다. 전반적으로 표면의 형상은 초기에는 열적영향에 따라 평탄화되었으나 점차 침식등의 영향으로 인해 심하게 손상되었음을 알 수 있었다. 벌크의 경우 초기에는 비교적 밀한 구조를 나타내었으나 시간의 경과에 따라 점차 다공질의 형태로 변형 되었다.(그림 3, 그림 4 참조)

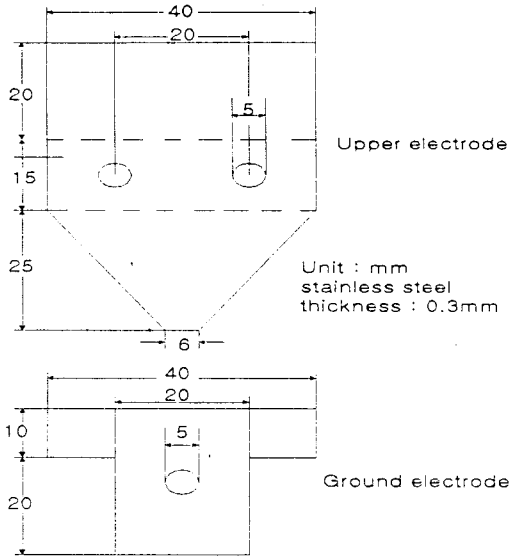


Fig. 1 Electrode for leakage current and tracking test

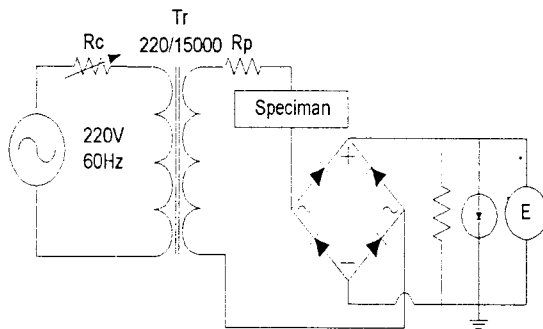


Fig. 2 Circuit diagrams of mini saline fog chamber (to measure the leakage current)

Table 1. Summary of aging conditions

Items	Contents
Electrical stress	40 V/mm
Salt solution	NaCl added to tap water(10g/ℓ)
Salt fog generation rate	500 ml/hr
Ultraviolet ray	two 300(W)UV lamps, perpendicular distance 60cm
Temperature	63 ± 2.5°C (in UV), not controlled in fog
Aging cycle	40min(UV) + 20min (salt fog)



Fig. 3. The change of surface morphology of EPDM



Fig. 4 The change of bulk morphology of EPDM

실험의 진행에 따른 시료 표면 및 벌크에서의 화학적 조성변화를 알아보기 위하여 EDX분석을 실시

하였다. 표면에 있어서는 알루미늄 및 탄소의 성분이 처리시간의 경과에 따라 점차 증가하는 것으로 나타났다. 하지만 벌크의 경우에 있어서는 주목할 만한 화학조성의 변화를 나타내진 않았다.(그림 5 참조)

3.2 Electrical degeneration

전반적으로 누설전류는 처리시간의 증가에 따라 초기(0~40시간)에는 급격한 증가를 보인 후 안정된 상태(50~150시간)를 보였다. 하지만 약 200여시간 경과후에는 다시 급격히 증가하여 fail에 이르렀으며, 각 주기에 있어서는 UV 조사에 따른 다소간의 증가 현상과 wetting의 진행에 따라 씻김효과로 wetting시간의 증가에 비례하는 경향을 보이지 않았다.

이외에 $\tan \delta$ 의 측정 결과 벌크부분의 형상변화에 따라 점차 증가하는 경향을 나타냈다. 한편 관능적 관찰을 통하여 가청잡음을 동반하는 표면방전이 발생하였으며 이에 따라 누설전류는 크게 변화하였다.

4. 결론

고분자 전기절연재료의 UV 및 염무에 의한 열화 특성에 대한 연구를 통하여 다음과 같은 몇몇 결과를 얻을 수 있었다.

1. 관능적 관찰을 통하여 표면의 소수성은 표면 누설전류치와 잘 대응되는 현상을 나타냈으며, 특히 가청잡음을 동반한 표면방전에 따라 누설전류는 큰 변화를 보였다.
2. 표면에 있어서는, 초기에는 열적효과에 의해 평탄화되는 현상을 보인후 각종 가스나 LMW성분의 확산에 따른 홀의 증가, 그리고 fail에 이르는 큰 누설전류에 의한 erosion이 발생하였다. 벌크에 있어서는 LMW의 확산이나 각종 필러와 첨가제들간의 반응을 통하여 다공질의 형태로 변화되었다.
3. 전반적인 표면 형상의 변화는 표면의 전기적 특성(누설전류)의 변화와 비교적 잘 부합되는 결과를 나타내었다. 하지만 표면의 커다란 형상변화에도 불구하고 초기에는 누설전류가 크게 증가하지 않는 우수한 전기적 특성을 보였다.
4. 벌크부분에 있어서 조성의 변화는 미미한 수준에 머물렀다. 그러나 표면에 있어서는 탄소와 알루미늄성분이 크게 증가하였다. 이러한 알루미늄 및 탄소 성분의 증가는 표면 방전으로 인한 탄화와 실리콘이나 ATH등과 같은 각종 필러 및 첨가제들의 화학적 분해에 따른 부산물로 추정된다.

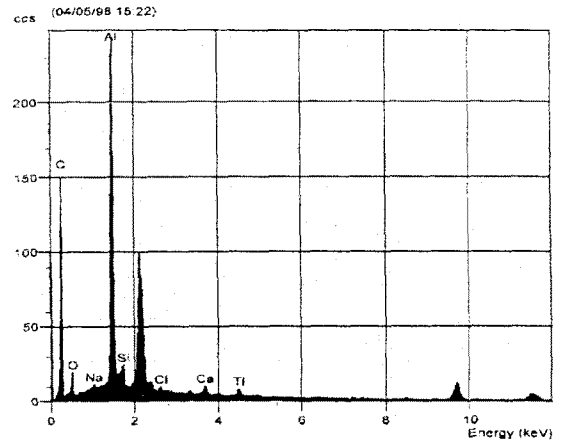
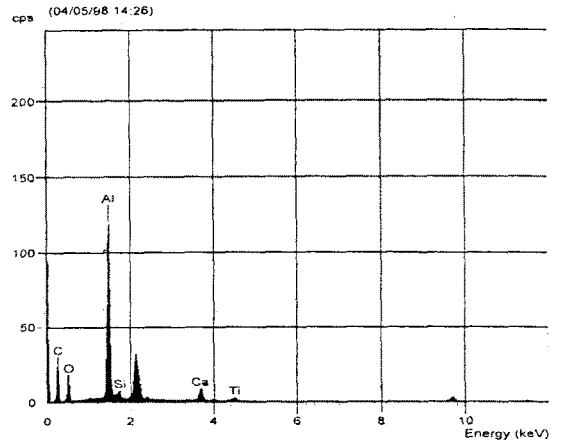


Fig. 5 EDX result of EPDM surface

[Reference]

[1] Gorur, R. S., E.A. Cherney, R.Hackam, T. Orbeck, "The Electrical Performance of Polymeric Insulation Materials Under Accelerated Aging in a Fog Chamber," IEEE Trans. PWRD, Vol. 3, pp. 1175-1164, July 1988.

[2] James Wei Chang. "Study of Hydrophobicity Recovery Mechanism in Polymeric Materials Used for Outdoor Insulation", Master Thesis, Arizona State University, 1990

[3] J.W Chang, " The Role of Backbone Chain Rotation of Polymeric Materials for Outdoor Insulation" 270 -274, 1992

[4] Georage G. Karady, "Flashover Mechanism of Silicone Rubber Insulators Used for Outdoor Insulation - I, II", IEEE Transactions on Power Delivery, Vol. 10, No 4, 165 -171, 1995