

RTV 실리콘 고무의 열화 및 발수성 회복 특성에 미치는 환경인자의 영향

論 文
48C-6-9

The Effects of Environmental Factors on Degradation and Hydrophobicity Recovery Characteristics in RTV Silicone Rubber

許昌洙* · 延福熙*** · 趙鉉旭** · 黃明根***
(Chang-Su Huh · Bok-Hee Youn · Hyun-Wook Cho · Myung-Keun Hwang)

Abstract - Room temperature vulcanizing (RTV) silicone rubber has been widely used to coat porcelain insulators to render water repellency to prevent formation of water film on the surface and thus to suppress the leakage current and consequently flashover. However, the electrical property and the hydrophobicity of RTV silicone rubber coating under outdoor condition may be influenced by many environmental factors. In this study various treatments, such as salt-fog, salt water immersing and UV irradiation were applied to the samples to investigate the change of the electrical property and hydrophobicity. As a result the leakage current increased and contact angle decreased as the degradation time is longer. But the degraded RTV silicone rubber has recovered its hydrophobicity during the drying time in ambient condition because LMW(Low Molecular Weight) silicone fluid diffused from the bulk to the surface.

Key Words : RTV silicone rubber, hydrophobicity, environmental factors, LMW silicone fluid

1. 서론

절연재의 열화는 전력전송의 연속성 및 신뢰성 확보 측면에서 고려하여야 할 중요한 요인중의 하나이며, 이를 해결하기 위한 방법이 여러 측면에서 연구되고 있다. 그 동안 옥외용 절연재로 주로 사용되어 온 세라믹 절연재는 우수한 절연특성 및 내후성, 내아크성 등의 장점을 갖고 있지만 오염도가 심한 지역에서는 고분자 절연재에 비하여 오염에 취약한 특성을 갖고 있다. 세라믹 절연재의 표면은 경시 변화와 함께 표면의 배수성이 빠르게 저하되며, 이로 인해 오염물질이 부착하게 되는 경우 도전층의 형성에 의하여 누설전류가 증가하게 되고 결국 섬락에 이르게 됨으로서 2차 사고를 유발시킬 확률이 증가하고 있는 실정이다.[1] 이러한 노화 절연재에 오염물질이 부착한 경우는 표면의 세정이 필요하나 표면이 경시 변화와 함께 친수성으로 변화함으로써 자연적인 세정작용 효과가 급격히 떨어지고 절연특성이 크게 저하된 상태가 된다. 신뢰성 확보를 위한 근본적 해결책은 절연재의 교체 및 인위적 세정작업에 있으나 경시 변화를 일으킨 제품의 경우 세정주기가 빨라지기 때문에 교체 및 인위적 세정작업 모두 경제성에 문제가 있다. 이러한 제품의 교체와 인위적 세정작업의 대체방법으로서 현재 세라믹 절연재를 RTV(Room Temperature Vulcanizing) 실리콘 고무로 코팅함으로써 발수성을 확보하는 연구가 크게 각광을 받고 있다.

그러나 우수한 내후성과 발수성을 가진 RTV 실리콘 고무도 장시간의 옥외 사용 시 그 성능이 저하될 수 있으며, 특히 기후 및 환경오염에 의한 영향이 커지게 된다. 본 연구에서는 노화 절연재의 코팅에 사용되는 RTV 실리콘 고무에 대해, 장시간의 옥외사용에서 발생할 수 있는 환경인자에 의한 영향을 고려하여 salt-fog, 수분침투, 자외선조사에 따른 각각의 열화특성과 그 열화정도에 따른 회복특성을 조사하였다.

2. 실험 방법

2.1 Salt-fog chamber test

본 실험에 사용된 전극 배치 및 salt-fog test chamber는 ASTM D 2132의 규격에 따라 제작하였는데 이 기준은 인공 염무 조건하에서 옥외 절연 재료의 열화 특성을 평가하는 실험 장치이다.[2]

2.1.1 시료

시료는 입자크기 $5\mu\text{m}$ 의 ATH 충전재가 40wt% 함유된 D사의 RTV실리콘 고무 코팅재를 이용하여 $127 \times 127 \times 2\text{mm}$ 의 FRP 기판위에 $0.5 \pm 0.05\text{mm}$ 의 두께로 brush를 사용하여 코팅하였다.

2.1.2 전극 및 절연 지지대

본 실험에 사용된 전극은 상부 전극과 하부 전극으로 나눌 수 있는데 상부 전극은 염소에 부식성이 없는 탄소를 사용하였고 크기는 가로 13mm, 세로 51mm, 높이 22mm로 하고 모서리는 반경 3.2mm로 둥글게 하여 국부적인 전계의 집중을 방지하였고 시편위 전극의 간격을 25mm로 일정하게 유지하였다. 하부 전극은 스테인레스로 하고 형태는 시료와 같

* 正 會 員 : 仁荷大 工大 電氣工學科 副教授 · 工博

** 準 會 員 : 仁荷大 工大 電氣工學科 碩士課程

*** 正 會 員 : 仁荷大 工大 電氣工學科 博士課程

接受日字 : 1999년 1월 12일

最終完了 : 1999년 5월 12일

은 두께와 크기로 하였다. 시료가 놓이는 절연 지지대는 아래 전극과 같은 크기의 아크릴 판을 경사 15°로 기울여 지지대를 통해 전기적 절연을 하였다.[3]

2.1.3 salt-fog chamber 및 염수 순환 장치

염수 분무 시험 공간 및 염수 순환 장치는 노즐 입경 10 μm이하의 가습 용도의 압축 공기 분무식으로 하여 최대한의 자연 상태의 안개를 구현할 수 있도록 설치하였다. salt-fog chamber는 두께 10mm의 아크릴로서 가로 460mm, 세로 710mm, 높이 510mm의 규격으로 제작하였고 부싱은 각 시료 당 고압, 저압 측에 따라 각각 1개씩 설치하여 실험 전 절연 그리스로 코팅하였다. 분무된 염수의 순환을 위해서 용기 자체를 약 3° 정도 경사를 주었으며 분사 노즐 전면에 전향판(deflector)을 설치하여 분무 시 salt-fog가 직접적으로 시료에 미치지 않도록 하였다. 한 개의 시료에 낙하하는 물 입자의 양을 시간당 42ml로 맞추기 위해서 시간당 850ml의 염수를 분사하였다.

2.1.4 데이터 취득 시스템(DAS, Data Acquisition System)

데이터 취득 시스템의 보호를 위하여 sensing 저항은 시료에 최대 누설전류 150 mA가 흐를 때 측정 회로에 5V 이하의 전압이 인가 될 수 있도록 30Ω의 저항을 사용하였으며, 시료에 높은 이상 전류가 계속해서 흐르게 될 경우 시스템에 고압이 걸리지 않도록 항복 전압 15V인 쌍방향 다이오드를 사용하여 회로를 보호하였다.

측정 장치는 제품명 PCL-818, 분해능 12bit, 변환 속도가 최대 100kHz의 성능을 가진 8channel A/D 컨버터와 IBM 호환 기종인 PC를 연결하여 구성하였으며 또한 일정한 주기를 가지고 표면에 흐르는 누설 전류치를 검출하여 평균치와 적분치를 계산하도록 프로그램하였으며 누설 전류가 일정한 전류 피크치 이상의 펄스를 발생할 경우 그 수와 발생 시점, 최대 피크 전류치를 누적 계산하여 hard disk에 저장되도록 하였다. 이때 데이터 추출 간격(sampling period)은 절연물의 표면 상태의 변화가 활발하지 않은 전압인가 후 약 10시간까지는 1시간 정도로 설정하였고, 열화가 진행됨에 따라 20시간 이후에는 15분으로 하였다. 또 데이터 처리 속도를 4000Hz로 설정하여 한 주기 당 65 포인트의 데이터를 처리하도록 하였다.

2.2 수분 침투 실험

염분과 수분에 의한 가속 열화를 시험하기 위하여 RTV 실리콘 고무를 폴리에틸렌필름 위에 코팅, 경화시킨 후 다시 떼어낸 50×30×0.5mm의 시료를 90℃, 0.1wt%의 NaCl용액에 300시간동안 침적시키고, 침적 50시간마다의 표면누설전류와 접촉각 측정을 통해 열화 정도를 관찰하였으며 건조시간에 따른 회복 특성을 관찰하였다.

2.2.1 접촉각 측정

침적시간에 따른 표면 발수성의 변화에 대한 정량적 평가를 위해 접촉각 측정장치(ERMA INC. Contact angle meter)

를 사용하여 접촉각의 변화를 측정하였으며, 시료의 표면 임의의 10곳에 2μl의 증류수를 떨어뜨려 그 평균값을 구했다.

2.2.2 표면 누설전류의 측정

침적시간에 따른 표면의 전기적 특성변화를 측정하기 위해서 누설전류측정장치(KEITHLEY, picoammeter 487)를 사용하여 표면누설전류의 변화를 측정하였다. 그림 1은 측정방법의 개략도이다.

2.2.3 회복 특성

수분 침투된 시료를 50시간마다 꺼내어 수분을 제거한 후 실리콘겔을 봉입한 데시게이타에서 건조시키며 침적시간에 따른 회복특성을 접촉각 측정을 통해서 관찰하였다.

2.3 자외선 조사 실험

자외선 조사에 의한 열화특성을 실험하기 위하여 RTV 실리콘 고무를 폴리에틸렌필름 위에 코팅, 경화시킨 후 다시 떼어낸 50×30×0.5mm의 시료를 자체 제작한 자외선 조사장치에 넣고 1000시간 동안 조사시켰다. 자외선 조사장치는 저압수은등(新光製 10W) 20개를 등 간격으로 배치하여 중심근처에 시료를 놓고 자외선이 조사되도록 하였다. 자외선의 파장범위는 250~500nm이고 주로 파장 253.7nm의 자외선이 조사되었으며 평균조사강도는 45W/m² 였다. 자외선이 조사된 시료를 100시간마다 꺼내어 염수 침적 실험에서와 같은 방법으로 표면 누설전류와 접촉각을 측정하고 각 조사시간에 따른 회복특성을 관찰하였다.

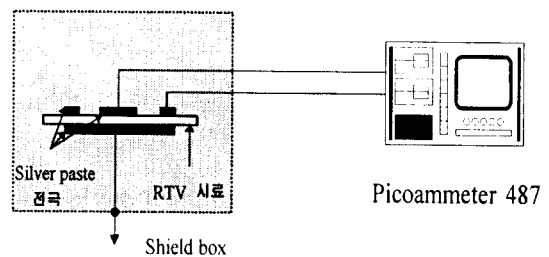


그림 1 표면 누설전류 측정장치의 개략도

Fig. 1 Schematic diagram of the surface leakage current measuring apparatus

3. 결과 및 고찰

3.1 salt-fog 에 의한 열화

3.1.1 평균 누설전류의 변화

염무 조건에서의 FRP 기판 위에 RTV 실리콘 고무로 코팅된 시료의 표면열화를 측정하기 위해 이를 salt fog chamber 안에 두어 절연파괴 시점까지의 평균누설전류를 측정하였다. RTV 실리콘 고무로 코팅된 FRP시료는 시간이 지

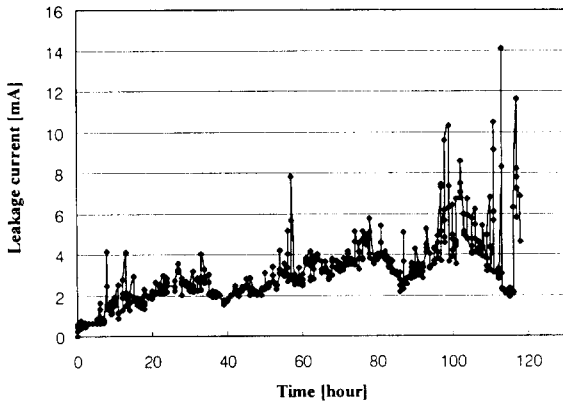


그림 2 시간에 따른 평균 누설전류
Fig. 2 Average leakage current as function of time

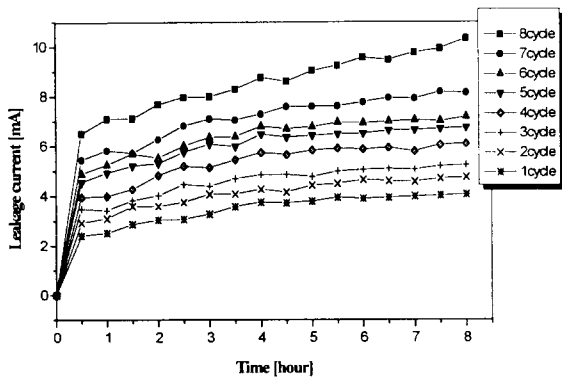


그림 3 각 싸이클의 시간에 따른 평균 누설전류
Fig. 3 Average leakage current as function of time of each cycle

남에 따라 평균누설전류가 약 14mA 까지 증가하여 약 120시간이 경과되었을 때 절연파괴가 일어났다. 절연파괴된 시료는 전극 주변이 tracking과 erosion으로 매우 손상되었으며, 특히 bulk쪽에서의 erosion은 FRP기판까지 진전된 것을 관찰할 수 있었다. 이에 반해 코팅되지 않은 FRP기판은 같은 전도도에서 약 30분 안에 절연파괴가 일어났다. 그림 2는 RTV 실리콘 고무로 코팅된 FRP시료의 salt fog 열화시간에 따른 평균누설전류를 나타낸 것이다.

Salt-fog chamber에서 휴식시간을 갖는 경우의 열화특성을 알아보기 위해 8시간동안의 염수 및 전압인가와 그 후 16시간동안의 휴식시간을 갖는 것을 1 cycle로 하고, 그 cycle의 반복에 따른 평균누설전류를 조사하였다. 그림 3은 RTV 실리콘 고무의 cycle에 따른 평균누설전류를 나타낸 것이다. RTV 실리콘 고무로 코팅된 FRP시료의 평균누설전류는 cycle이 반복될 수록 증가추세를 보여 약 10 mA 까지 증가하였다. cycle반복에 의한 평균누설전류의 증가는 대부분 8 cycle 까지 계속되었으며, 그이상의 cycle에서는 절연파괴가 일어났다. 8 cycle 중에서 휴식시간을 제외한 염수분무와 전압인가 시간은 약 64시간정도로 휴식 없이 실험했을 때보다 절연파괴까지의 경과시간이 약 반으로 감소하였는데, 이와 같

은 현상은 전압인가 시간의 감소로 bulk쪽에서의 erosion보다는 표면에서의 tracking이 주로 일어났기 때문이라고 생각된다.

3.1.2 Cycle 열화에 의한 접촉각의 변화와 회복특성

Cycle의 반복에 따른 시료의 표면발수성 저하를 cycle마다 8시간의 염수분무 및 전압인가가 끝난 직후, 접촉각 측정을 통해 관찰하였다. 그림 4는 Cycle에 따른 접촉각의 변화를 나타낸 것이다. 휴식시간동안의 저분자량 실리콘 유체의 확산으로 인해 각 cycle마다의 접촉각의 감소는 급격한 변화 없이 완만한 감소를 보이며 약 73° 까지 감소하였다. 접촉각 측정이 끝난 시료를 바로 데시게이터 안에 두어 약 100시간동안 충분히 건조시키며 초기 접촉각으로의 회복정도를 관찰하였다. 그림 5는 건조시간에 따른 접촉각의 회복특성을 나타낸 것이다. 2 cycle까지는 초기 접촉각을 거의 회복하였으나, cycle이 더 진행될수록 회복 정도가 감소되었다. 이는 회복특성의 원인이 되는 저분자 실리콘 유체성분이 cycle의 반복에 따라 표면으로의 확산량이 증가하여 그 양이 점차 감소되고, 친수성을 가진 무기물이 표면으로 노출되는 양이 많아졌기 때문이라고 생각된다.[4]

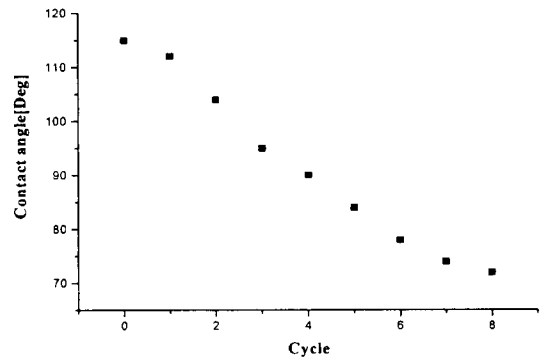


그림 4 싸이클에 따른 접촉각
Fig. 4 Contact angle as function of cycle

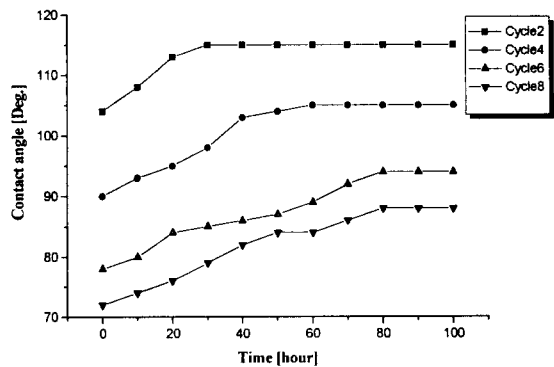


그림 5 각 싸이클에서의 시간에 따른 접촉각 회복특성
Fig. 5 Recovery of contact angle as function of time at each cycle

3.2 수분 침투에 의한 열화

3.2.1 침적시간에 따른 표면 누설전류

수분 침투에 의한 RTV 실리콘 고무의 표면 누설전류를 그림 6에 나타내었다. Pico-ammeter(KEITHLEY 社. Model 487)을 사용하여 인가전압 D.C. 300V 에서의 RTV 실리콘 고무의 표면 누설전류를 측정하였는데, 순시충전전류, 흡수전류성분을 고려하여 30분간의 전류값을 측정하였다. 표면 누설전류는 침적시간이 길어짐에 따라 초기시료 치인 $10^{10}A$ 에서 $10^{-7}A$ 까지 증가하였고, 이는 침적에 따른 표면의 수분 흡수와 표면침식으로 인한 절연성 저하 때문이라고 생각되어진다. 그림 7에서는 염수 침적에 의해 열화된 RTV 실리콘 고무 시료의 표면 SEM사진을 나타내었는데, 사진을 통해서도 침적시간이 길어질수록 시료의 표면이 심하게 침식된 것을 확인할 수 있었다.

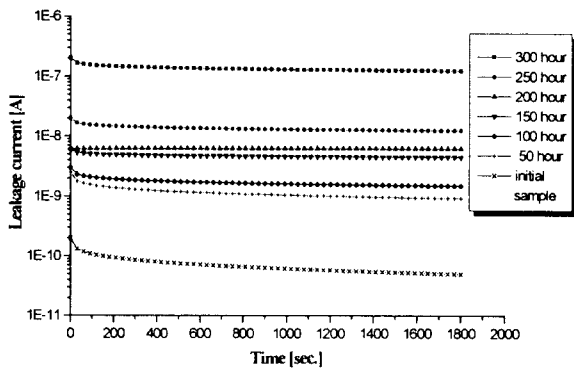


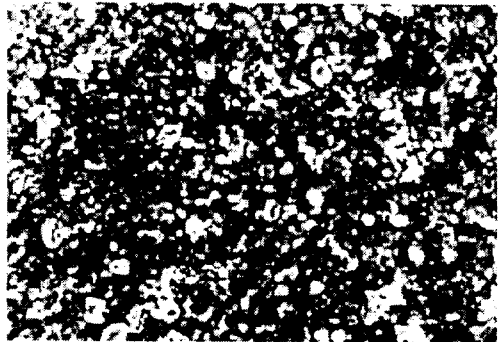
그림 6 침적시간에 따른 표면누설전류의 변화
Fig. 6 Variation of surface leakage current as function of immersing time

3.2.2 수분 침투에 의한 접촉각의 변화와 회복특성

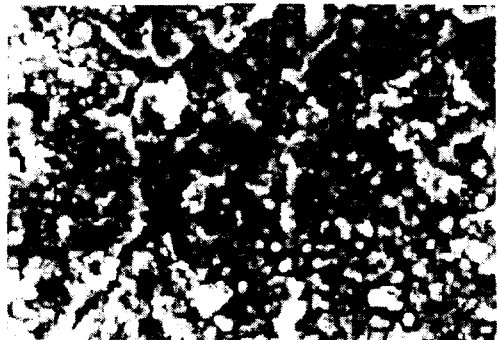
수분 침투에 의한 표면 발수성의 변화를 알아보기 위해 침적시간에 따른 접촉각의 변화를 측정하여 그림 8에 나타내었다. 그림 8에서 보면 침적 25시간 전후에서 발수성이 급격히 감소하기 시작하여 약 88° 까지 떨어졌고, 약 200시간 이후에서는 더 이상의 감소가 나타나지 않았다. 일반적으로 재료의 발수성은 표면에서 약 10nm의 범위의 층에서 결정되고, 이층에서 수분이 존재한다면, 수소결합을 가지며 극성분자인 액적수와 표면 수분은 서로 결합하여 끌어당겨져 그 결과 표면발수성을 상실하게 된다.[5] 수분 침투된 RTV 실리콘 고무의 건조시간에 따른 발수성 회복특성을 관찰하기 위해 침적된 시료를 데시게이터에서 충분히 건조시킨 후 접촉각을 측정하였다. 그림 9에는 건조시간에 따른 접촉각을 나타내었는데 침적시간이 길어질수록 초기의 접촉각을 회복하지 못하였으며, 특히 침적시간이 150시간 이상이고 건조시간이 짧은 경우에는 회복특성의 차이를 관찰하기 어려웠다. 이는 침적시간이 길어지면 저분자량 실리콘 유체의 수중으로의 확산 등 물리적인 작용에 의해 표면 상태가 변화되고, 또한 시료표면에 충전제가 점차 노출되어 표면으로의 저분자량 실리콘



(a) 초기시료



(b) 150시간 침적



(c) 300시간 침적

그림 7 염수 침적에 의해 열화된 RTV 실리콘 고무의 SEM 사진

Fig. 7 SEM photographs of RTV SR degraded by salt water immersing

유체의 확산이 어려워졌기 때문이라고 생각되며, 그림 7의 SEM사진을 통해서도 이를 확인할 수 있었다.

3.3 자외선 조사에 의한 열화

3.3.1 자외선 조사시간에 따른 표면 누설전류

자외선 조사에 의한 표면 누설전류의 변화를 알아보기 위해 주파장이 253.7nm이고 평균조사강도가 $45 W/m^2$ 인 자외선 조사장치에 RTV 실리콘 고무 시료를 넣고 1000 시간동안 조사시켰다. 그림 10에는 염수 침적에 의한 표면 누설전류를 측정한 방법과 동일한 방법으로 자외선 조사시간에 따른 표면 누설전류를 나타내었다. 그림 10에서 보면 조사시간

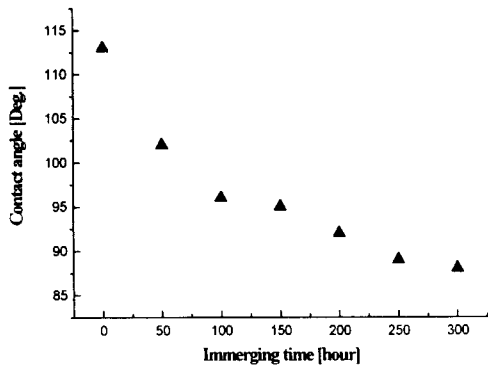


그림 8 침적시간에 따른 접촉각
Fig. 8 Contact angle as function of immersing time

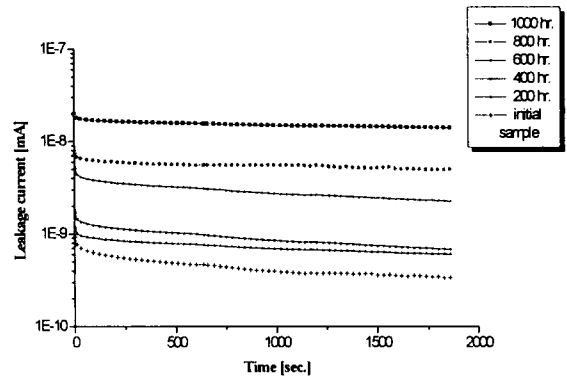


그림 10 조사시간에 따른 표면누설전류의 변화
Fig. 10 Variation of surface leakage current as function of irradiation time

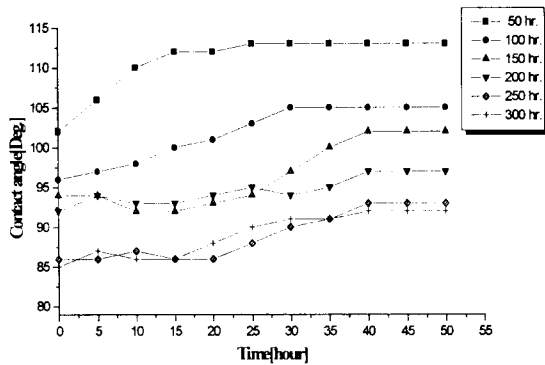


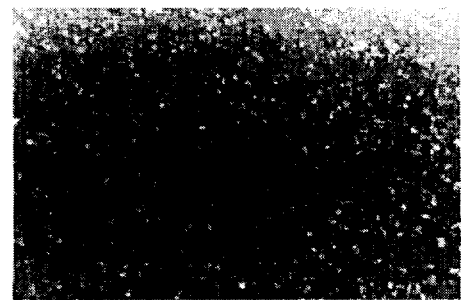
그림 9 각 침적시간에서의 접촉각 회복 특성
Fig. 9 Recovery of contact angle at each immersing time

이 길어질수록 표면 누설전류가 초기시료 치인 10^{10} A 에서 10^{18} A 까지 증가하였는데, 이는 자외선에 의한 표면손상과 그에 따른 표면거칠기의 증가 때문이라고 생각된다. 그림 11 에서는 자외선 조사에 따른 RTV 실리콘 고무 시료의 표면 SEM 사진을 나타내었는데 조사시간이 길어짐에 따라 시료의 표면이 거칠어지는 것을 확인 할 수 있었다.

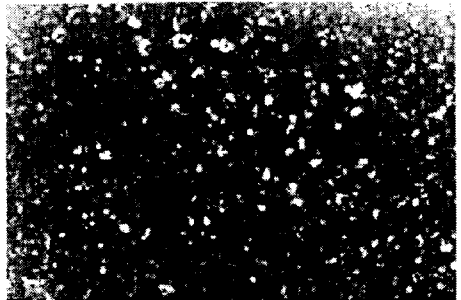
3.3.2 자외선 조사시간에 따른 접촉각의 변화와 회복특성

자외선 조사에 의한 표면 발수성의 변화를 알아보기 위해 자외선 조사시간에 따른 접촉각의 변화를 측정하여 그림 12에 나타내었다.

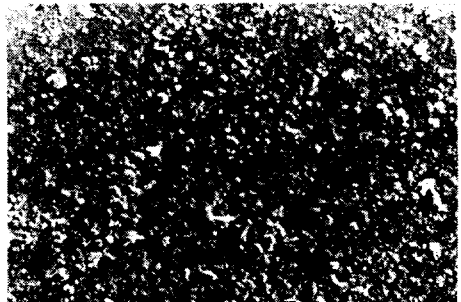
조사시간이 길어짐에 따라 실리콘 고무 표면에서의 자동산화반응이 일어나는데, 이 자동산화반응에 의해 생성된 친수기인 -OH, -OOH 는 곧바로 발수성 저하에 영향을 주지 못하고 Si-O-Si 결합 또는 Si-Si 결합에 의해 가교 및 분기반응을 일으킨다.[6] 그리고 자외선 조사에 의해서 소수기인 -CH₃도 떨어져 나가 가교 및 분기점의 증가와 더불어 발수성의 저하원인이 되는 것으로 추정되고 있다.[6] 그림 12에서 보면 자외선의 조사시간이 길어짐에 따라 접촉각이 감소함을



(a) 초기시료



(b) 500시간 조사



(c) 1000시간 조사

그림 11 자외선 조사에 의해 열화된 RTV 실리콘 고무의 SEM 사진

Fig. 11 SEM photography of RTV SR degraded by UV irradiation

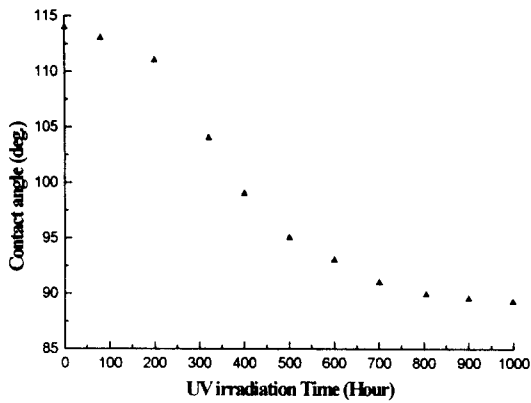


그림 12 조사시간에 따른 접촉각
Fig. 12 Contact angle as function of irradiation time

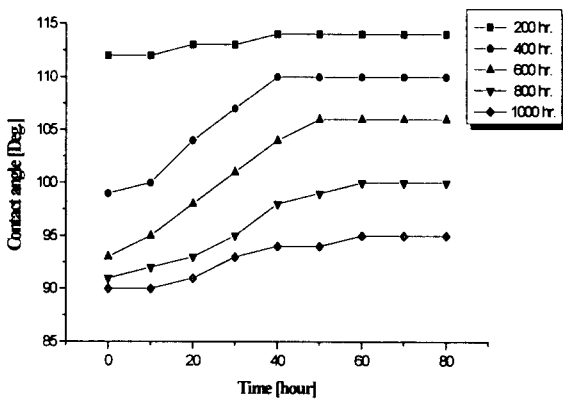


그림 13 각 조사시간에서의 접촉각 회복 특성
Fig. 13 Recovery of contact angle at each irradiation time

보였으며, 특히 200시간에서 500시간 사이에서 발수성의 급격한 저하를 나타내어 약 90° 까지 떨어졌다. 이는 위에서 언급된 자동산화반응에 이어지는 가교 및 분기반응에 의한 영향이라고 생각되며, 가교점의 증가가 재료 표면의 발수성을 저하하는 것은 S.H. kim에 의해서도 보고된바 있다.[7] 그림 13에서는 자외선 조사에 의해 열화된 시료의 발수성 회복특성을 나타내었다. 조사시간이 길어질수록 초기 접촉각으로의 회복정도가 떨어지는 것을 알 수 있었는데, 이는 가교 및 분기반응으로 인한 저분자량 실리콘 유체의 감소 때문이라고 생각된다.

5. 결론

RTV 실리콘 고무의 환경인자에 의한 열화특성 실험을 통해 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 전도도 2000 μ S/cm, 인가전압 1500 V의 salt fog chamber에서의 RTV 실리콘고무의 평균누설전류는 약 14mA까지 증가하며 약 120시간이 경과한 후 절연파괴 되었다.

2. 8시간의 염수분무 및 전압인가와 16시간의 휴식을 갖도록 하는 cycle 열화실험에서 RTV 실리콘 고무는 cycle 반복에 따라 평균누설전류가 약 10mA 까지 증가하였고, 8cycle 이상에서는 대부분 절연파괴가 일어났다, 염수분무와 전압인가 시간만을 고려한 경우, cycle 열화시험은 휴식 없이 실험한 경우보다 절연파괴까지의 소요시간이 약120시간에서 약 64시간으로 감소하였다.

3. 수분 침투에 의한 RTV 실리콘 고무는 침적시간이 길어짐에 따라 표면의 수분흡수와 침식에 의한 절연성 저하로 표면누설전류가 초기시료 치인 10^{-10} A 에서 10^{-7} A 까지 증가하며, 표면발수성 상실로 인해 접촉각이 약 88° 까지 떨어졌다. 수분 침투에 의해 열화된 RTV 실리콘 고무는 건조시간에 따라 표면발수성을 회복 하였으나 저분자량 실리콘 유체의 감소로 각 침적시간에 따라 그 회복정도에 차이를 보였다.

4. 자외선 조사에 의한 RTV 실리콘 고무의 표면누설전류는 조사시간이 길어짐에 따라 초기시료 치인 10^{-10} A에서 10^{-8} A 까지 증가하며, 표면 발수성은 RTV 실리콘 고무 표면에서의 자동산화반응 및 가교 분기반응을 통해 약 90° 까지 저하된다. 자외선 조사에 의해 열화된 RTV 실리콘 고무는 상온에서 표면발수성을 다시 회복하며 그 회복정도는 자외선 조사시간에 따라 차이가 있었다.

감사의 글

본 연구(관리번호: 98-059)는 한국전력공사의 지원에 의해서 기초력공학공동연구소의 주관으로 수행되었음.

참고 문헌

- [1] R. E. Carberry and H. M. Schneider, "Evaluation of RTV Coatings for Station Insulators Subjected to Coastal Contamination", IEEE Trans. on Power Delivery, Vol.4, pp. 577-585, 1989
- [2] ASTM D 2132-91 "Standard Test Method for Dust and fog tracking and Erosion Resistance of Electrical Insulating Materials"
- [3] 이태희, 허창수, "인공 염무 조건에서의 초기 열화 측정을 통한 실리콘 고무의 절연 수명 예측", 대한전기학회 논문지, 제47권 3호, pp. 338-343, 1998.3
- [4] J. W. Chang and R. S. Gorur, "Surface Recovery of Silicone Rubber Used for HV Outdoor Insulation", IEEE Trans. Electrical Insulation, Vol. 1, No.6 pp. 1039-1046, 1994
- [5] 熊谷誠治, 王 新生, 吉村 昇, "水酸化アルミニウム充てんシリコーンゴムの吸脱 水特性とはっ水性", 日本電氣學會誌 A, 118卷 7/8号, 平成 10年
- [6] Seiji Kumagai, et al, "Effect of UV-ray on Tracking Resistance of Outdoor Polymer Insulating Material",

일본전기학회논문지A, Vol. 117, No. 3, 289-298 1997

[7] S.H. Kim, et al, "Chemical Change at the Surface of RTV Silicone Rubber Coating on Insulators during Dry band Arcing", IEEE Trans. Electrical Insulation, Vol. 1, No. 1, pp. 106-123, 1994

[8] R. S. Gorur, et al, "Electrical performance of RTV Silicone Rubber Coatings". IEEE Trans. Electrical Insulation, Vol. 3, No. 2, pp.299-306, 1996

[9] J. W. Chang, R. S. Gorur, " Surface Recovery of Silicone Rubber Used for HV Outdoor Insulation", IEEE Trans. Electrical Insulation, Vol. 1, No. 6, pp.1039-1046, 1994

[10] J. G. Wankowicz, S. M. Gubanski, "Loss and Recovery of Hydrophobicity on RTV Coating Surfaces", IEEE Trans. Electrical Insulation, Vol. 1, No. 4, pp. 604-614, 1994

[11] S. H. Kim, E. A. Cherney, "Artificial Testing and Evaluation of RTV Coating in a Salt-fog Chamber", IEEE Trans. Electrical Insulation, Vol. 26, No. 4, pp. 797-805, 1991

[12] S. M. Gubanski, "Properties of Silicone Rubber Housings and Coatings", IEEE Trans. Electrical Insulation, Vol. 27, No. 2, pp. 374-382, 1992

[13] H. R. Baker, R. N. Bolster, "Surface Electrical Leakage on Insulators and Coatings in the Presence of Moisture Condensation", IEEE Trans. Electrical Insulation, Vol. 11, No. 3, pp. 76-80, 1976

저 자 소 개



허창수 (許昌洙)
 1955년 1월 27일생. 1981년 인하대 전기공학과 졸업.1983년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사).1987년 동 대학원 졸업(공학). 1983~1993년 한국 전기연구소 기능재료연구실 실장. 1993년 ~ 현재 인하대 전기공학과 부교수

Tel : 032-860-7399, Fax : 032-863-5822
 E-mail : cshuh@dragon.inha.ac.kr



조현욱 (趙鉉旭)
 1973년 6월 6일생. 1997년 인하대 전기공학과 졸업. 1999년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사).
 Tel : 032-860-7391



연복희 (延福熙)
 1974년 12월 15일생. 1997년 인하대 전기공학과 졸업. 1999년 인하대 전기공학과 졸업(석사). 현재 인하대 전기공학과 박사과정
 Tel : 032-860-7391



황명근 (黃明根)
 1961년 4월 3일생. 1988년 서울산업대 전자공학과 졸업. 1991년 한양대 전기공학과 졸업(석사). 현재 인하대 전기공학과 박사과정
 Tel : 02-780-6150