

RTV 실리콘 고무의 내오손 특성에 관한 연구

허창수* 이상엽* 연복희* 황명근* 이종한**
*인하대학교 전기공학과, ** (주)더닝실리콘

A Study on Anti-Pollutions Characteristics of RTV Silicone Rubber

Huh chang-su*, Lee sang-young*, Youn bok-hee*, Hwang myung-kun*, Lee jong-han**
*Inha Univ Dept. of Electrical Eng. **Dawning Silicone Corp.

Abstract - Room Temperature Vulcanizing (RTV) Silicone Rubber has been widely used to coat porcelain insulator to prevent formation water filming on insulator surface. and RTV silicone rubber has water repellency to suppress leakage current and consequent flashover. RTV silicone rubber's surface has been degraded by outdoor condition such as dust, salt, and water. etc. ESDD(Equivalent Salt Deposit Density) and leakage currents are increased by polymer surface toughness and degradation. In this paper, we investigated relations of surface toughness, ESDD, and leakage currents.

1. 서 론

Silicone Rubber는 Line Insulator, Station Insulator, Cable Termination, Surge Arrestor, Bushing 등의 옥외용 절연재료로 사용이 급격히 증가하고 있다. 현재 사용중인 실리콘 고무는 크게 고온 경화형 (HTV)과 상온 경화형 (RTV)으로 나눌 수 있는데 고온 경화형 실리콘 고무는 애자의 Weathershed로 사용되고 있고, 상온경화형 실리콘 고무는 기존 Porcelain 애자에 표면 코팅을 하여 환경열화 인자에 대한 내성 강화 목적으로 사용되고 있다. 상온경화형 실리콘 고무는 적용이 쉬울 뿐 아니라 높은 발수성으로 표면에 오손 물질 부착을 저감시킬 뿐 아니라 수막 방지에도 크게 기여하여 표면 누설 전류를 저감시키는 우수한 특성이 장시간 유지되어, 그 적용 범위가 증가되고 있다.

또한, 타 고분자 절연재료에 비해서 높은 결합에너지로 가져 옥외 환경 인자에 대한 특성이 뛰어나다. 하지만, 옥외 사용 시간이 장기화 됨에 따라 표면의 거칠기 증가로 오손물질 부착률이 점차 높아져 가는 현상이 나타난다.

본 연구에서는 RTV 실리콘 고무가 표면 열화에 따라서 오손 물질의 부착 밀도와 등가 염분 부착 밀도에 따른 평균 누설 전류를 관찰하였다.

2. 본 론

2.1 시편 제작

시편은 5 μ m 입자 크기의 ATH 충전제가 40wt% 함유시킨 RTV 실리콘 고무를 127 × 127mm의 FRP 기판위에 0.5 ± 0.05mm 두께로 Dipping 기법을 이용하여 제작하였다.

2.2 시편의 가속 열화

일정 시간의 옥외 환경 작용을 모의하기 위해서 염수 침적 시험을 하여 강제 열화 시켰다. 제작된 시편을 0.1 wt% NaCl 용액을 95℃로 일정하

유지한 후 300시간 침적 시켰다.

각기 다른 표면 열화를 위해 50시간 단위로 300시간 까지 침적 열화 시켰다.

2.3 접촉각의 측정

각기 다른 시간으로 염수로 가속 열화 시킨 후 표면 발수성 특성 변화를 정량적으로 관찰하기 위해서 접촉각을 측정하였다.

접촉각 측정기(ERMA INC. Contact Angle Meter) 이용하여 각 시험 시간마다 접촉각을 측정하였다. 표면의 임의의 10곳에 2 μ l의 증류수를 떨어뜨려 그 평균값을 구하였다.

2.4 염수 침적에 실리콘 고무 코팅의 두께 변화 측정

초기 실리콘 고무를 0.5 ± 0.05mm 두께의 코팅을 한 후 염수 침적 열화후의 코팅의 두께 변화를 Layer Thickness Monitor(Dr. Forster 2.310)를 이용하여 측정하였다.

2.5 Salt-Fog 시험

Salt-Fog 시험은 염수 분무에 의한 시료의 등가 염분 부착 밀도 및 부착 염분 밀도에 따른 평균 누설 전류를 측정하기 위해서 사용하였다.

실험장치는 ASTM D 2132에 의해서 제작하였고, 염수의 전도도는 5000 μ S/cm으로 하여 가혹한 환경을

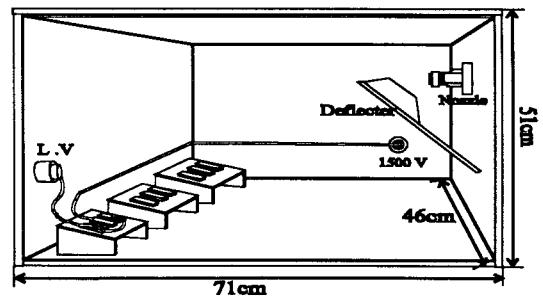


그림 1. Salt - Fog Test Chamber

유지하였고, 평균 누설 전류를 측정하기 위해서 염수에 의한 침식을 방지하기 위해서 탄소전극을 사용했고, 전극간의 거리 25.4mm에 1.5kV를 인가하였다.

평균 누설 전류 측정을 위한 데이터 취득 시스템은 PCL-818 제품으로 분해능 12bit, 변환속도 100kHz의 성능을 가진 8Channel A/D Converter를 사용하였으며, 일정한 주기를 가지고 표면에 흐르는 누설 전류를 검출하여 그 평균치를 계산하도록 하였다.

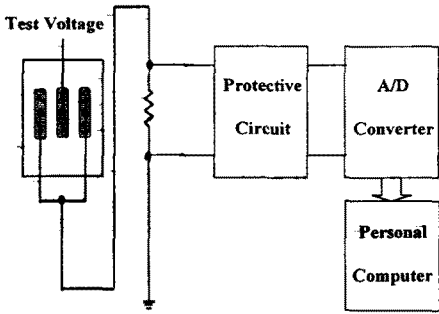


그림 2. 데이터 취득 시스템

2.6 등가염분 부착 밀도의 측정

Salt-Fog 시험 후 표면에 부착된 등가염분 부착밀도를 측정하기 위해서 전도도의 $10\mu\text{S}/\text{cm}$ 이하의 상용정제수 400ml를 사용하여 표면을 세척한 후 정제수 전도도의 변화를 Conductivity Meter(HANNA Ins.)로 측정하여 전도도에 따른 등가 염분 부착 밀도를 계산하였다.

용액의 온도에 따른 보상을 하기 위해 아래의 식 1.에 의해 온도 보상을 한 후 식 2.와 3.에 따라 계산하였다.

$$\sigma_{20} = \sigma_{\theta} [1 - b(\theta - 20)] \quad (1)$$

σ_{20} : 20°C 일때의 전도도
 σ_{θ} : θ °C 일때의 전도도
 θ : 용액의 전도도
 b : 온도에 따른 보상 계수

$$Sa = (5.7 \sigma_{20})^{1.03} \quad (2)$$

$$SDD = \frac{S_a \cdot V}{A} \quad (3)$$

A : 세척 면적 (cm^2)
 V : 현탁액의 부피 (cm^3)

3. 결과 및 고찰

3.1 표면 열화에 따른 접촉각의 변화

염수 침적에 의한 RTV 실리콘 고무의 표면 열화를 관측하기 위해서 접촉각을 측정하였다.

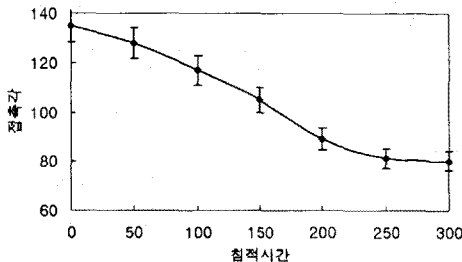


그림 3. 침적시간에 따른 RTV 실리콘 고무의 표면 접촉각

접촉각은 표면에서의 고분자 결합에너지와 물의 결합에너지 차이로 인한 계면 현상으로 결합에너지의 차이가 클수록 접촉각은 커지게 된다.

그림 3.의 결과로 보아 초기에는 거의 열화가 진행되진 않으나 열화의 장기화로 접촉각이 급격히 낮아지는 것을 알 수 있다.

이는 RTV 실리콘 고무가 초기 열화에 대한 내성은 상당히 크지만, 장기적인 열화로 인하여 표면의 상태가 변화되는 것을 알 수 있다.

3.2 염수 침적 시간에 따른 코팅 두께의 변화

0.1wt%의 NaCl 수용액에 의한 염수 침적 열화로 RTV 실리콘 고무는 약 0.09mm의 코팅두께 변화가 관찰되었다. 특히 열화 상태가 심각한 경우는 약 0.1mm까지의 두께 변화도 관찰되었다.

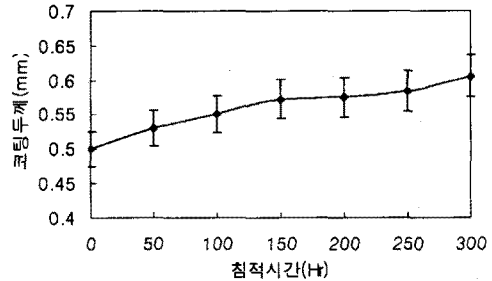


그림 4. 염수 침적 시간에 따른 두께 변화

3.3 표면 열화에 의한 RTV 실리콘 고무의 변화

열화 시간을 달리한 후 표면의 열화 상태를 파악하기 위해서 SEM에 의한 관찰을 하였다. 초기에는 표면에서의 ATH 입자가 고분자 체에 의해 덮혀 있는 것을 확인할 수 있으나 표면 열화에 의해서 ATH를 코팅하고 있는 고분자 체의 탈락 현상을 확인할 수 있었다. 그리고 표면의 두께 상승으로 미루어 보아 고분자 벌크 내부에 있는 ATH 입자가 약간 용출할 것으로 생각되어 진다.

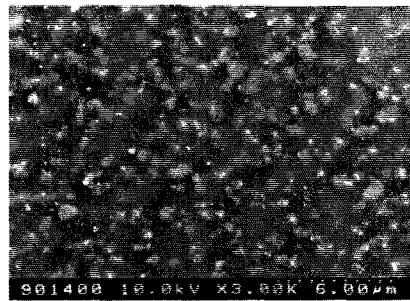


그림 5. 초기 RTV 실리콘 고무의 SEM

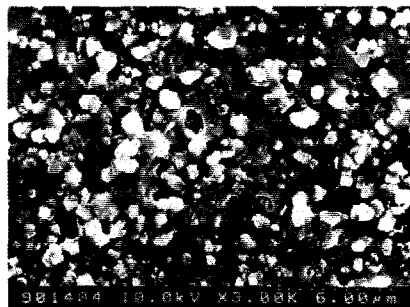


그림 6. 염수 침적 150시간 후 표면 열화

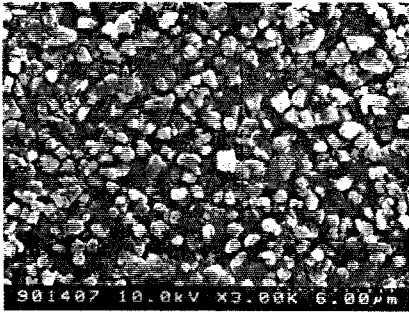


그림 7. 염수 침적 300시간 후 표면 열화

3.4 표면열화에 의한 등가 염분 부착 밀도의 증가

제작한 시편을 0.1wt%의 염수에 50시간 단위로 가속 열화에 차이를 두어 표면의 거칠기를 다르게 한 후 거칠기가 오손 부착률을 상승시키는 영향을 알아보았다. 초기 시료의 ESDD는 염수 분무 시간 10시간 동안 최고 0.06mg/cm²를 넘지 않으나 염수 침적으로 인한 표면 열화가 제일 심한 300시간 침적 시료는 약 10시간 분무에 0.13mg/cm²정도의 높은 오손 부착률을 나타내었다.

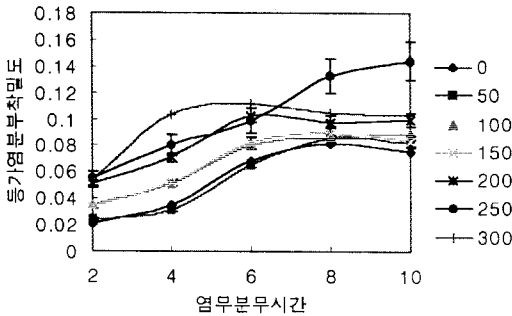


그림 8. 표면열화에 의한 ESDD의 변화

3.5 ESDD(등가 염분 부착 밀도)에 따른 평균 누설 전류의 변화

기존에 조사된 국내 해안 지역의 등가 염분 부착 밀도는 해안공업지역에서 최고 0.6mg/cm²이고 해안 최단 거리 약 20km에서는 평균 측정값 0.063mg/cm²이다.

이를 기준으로 시험하기 위해 위 Salt-fog 시험결과로 염수 분무 시간 6시간 분무 후 최적의 ESDD를 나타내어, 염수 침적 열화 후 약 6시간의 염수를 강제 분무시킨 후 평균 누설 전류를 4시간동안 10분 단위로 측정하였다.

표.1.은 6시간 염수 분무 후 측정된 ESDD이다. 평균 누설 전류 측정 결과는 그림 9.에서 나타내었으며, 등가 오손 밀도 0.8mg/cm²의 이상에서 표면 누설 전류가 매우 크게 증가됨을 알 수 있다. 이는 표면 열화가 급격히 증가됨으로써, 표면의 거칠기가 상승되어 표면의 염분 부착량이 증가됨으로써, 표면의 누설 전류가 상승됨을 알 수 있다.

| 열화시간 | 0 | 50 | 100 | 150 | 200 | 250 | 300 |
|---------------------------|-------|-------|------|-------|-------|-------|-------|
| ESDD(mg/cm ²) | 0.068 | 0.065 | 0.08 | 0.082 | 0.103 | 0.099 | 0.112 |

표 1. 6시간 Salt-fog 시험 후 ESDD(mg/cm²)

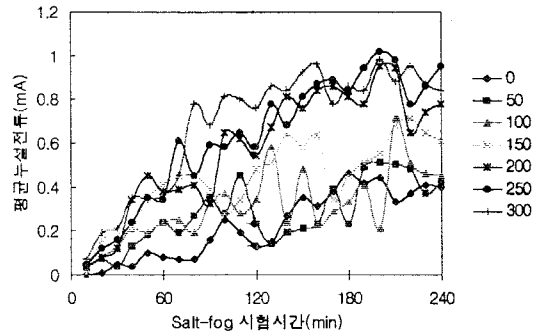


그림 9. ESDD에 따른 평균 누설 전류 측정

4. 결 론

염수 침적에 의한 가속 열화로 표면을 열화시킨 후 RTV 실리콘 고무의 표면 거칠기와 등가염분오손밀도에 대한 관계를 살펴본 결과, 옥외 환경에서 사용시 표면의 열화 상태에 따라서 등가염분부착밀도의 차이를 나타내었다.

또한 열화로 인하여 표면 발수성이 저하되어 접촉각이 낮아지고, SEM과 두께 측정으로 표면이 열화되어 약간의 ATH가 용출됨을 알 수 있는데, 이로 인하여 실리콘 고무의 절연특성의 변화를 나타남을 알 수 있었다.

(참 고 문 헌)

- [1] ASTM D 2132-89, "Standard Test Method for Dust and fog tracking and Erosion Resistance of Electrical Insulation Material"
- [2] IEC 507, "Artificial Pollution tests on High Voltage Insulator to be used on A.C. System"
- [3] 허창수의 2 "HTV 실리콘 고무에서 열화인자에 따른 저분자량 성분과 표면발수성 변화" 전기전자재료학회지 Vol.12 No.1
- [4] Seiji Kumagai, et "Effect of UV-ray on Tracking Resistance of Outdoor Polymer Insulating Material" 일본전기학회지 Vol.117 No3. p289-298, 1997
- [5] S. Kim, et "Chemical Change at the Surface of RTV Silicone Rubber Coating on Insulators during Dry Band Arcing" IEEE Trans. Electrical Insulation. Vol.1, No.1 pp106-123, 1994