

RTV 실리콘 고무 코팅재의 표면전하 축적이 발수성에 미치는 영향

Effect of Accumulated charges on Surface Hydrophobicity of RTV Silicone Rubber

연복희* · 허창수* · 조한구**
(Bok-Hee Youn · Chang-Su Huh · Han-Gu Cho)

Abstract

In this paper, we evaluated the effect of accumulated charges on hydrophobicity of room temperature vulcanized(RTV) silicone rubber, which could improve the contamination performance of porcelain insulators, with uv radiation time. Outdoor insulating material could be charged by the corona discharge on field intensified area of insulator and discharge between the water drops. In addition, we performed the accelerated uv radiation on samples and investigated the change of charging decay with time. In this results, it is found that silica-like structure on the surface of RTV silicone rubber was formed by uv treatments and this layer have the characteristic of retaining the charges on surface for a long time. These charges have effects on its hydrophobicity and so adversely effects on contamination performance. Based on our results, we discussed the other degradation mechanism with well known ones.

Key Words : RTV silicone rubber, Weatherability, Charge accumulation

1. 서론

기존의 자기절연물은 전기 절연성과 내후성이 우수하고, 소재가 저렴하며 옥외에서 화학적 안정성이 높아 널리 사용되어 왔다. 그러나 자기 절연물은 기계적 강도, 가공성 및 표면 절연성의 측면에서 취약하고, 무거운 중량으로 인한 운반 및 설치의 어려움, 인장특성의 불안정, 물리적 충격에 약한 단점을 지니고 있을 뿐 아니라 소결 시 부피감소가 커서 큰 절연물 제작에 어려운 면이 있다. 이 중에서도 표면의 오손물 부착으로 인한 섬락 및 파손사고가 빈번하여 표면의 발수성을 유지하기 위한 여러 가지 처방이

사용되고 있다. RTV 실리콘 고무는 자기질 절연물의 표면에 분사 코팅하여 장기간 표면의 발수성을 유지하고 섬락사고를 줄이기 위한 방안으로 해외에서 널리 사용되고 있다. 이러한 실리콘 절연물은 발수성을 오랜시간 보유할 뿐만 아니라 내후성이 우수하여 다른 유기절연물과는 달리 열화가 심하지 않다. 기존 연구결과에 의하면 폴리머 절연재료는 자외선 및 화학물, 오손물에 의한 표면 발수성의 저하로 표면 건조대 아크로 열화되고, 이 때문에 표면섬락사고가 발생한다는 열화메카니즘이 알려져 있다. 하지만, 여러 시험결과 실리콘 절연물의 표면발수성은 자외선 조사로 인하여 손상정도가 작으므로 위와 같은 열화메카니즘과의 상관성이 적다고 볼 수 있다. 그리하여 본 연구에서는 표면전하 축적으로 인한 표면발수성의 영향을 검토하였으며, 자외선 조사를 통한 경시적 열화를 가속하여 열화정도에 따른 표면전하 축적정도를 검토하였다.

* 인하대학교 전기공학과 ** 한국전기연구원
(인천시 용현4동 253,
Fax: 032-863-5822
E-mail : g1991139@inhavision.inha.ac.kr)

2. 실험

본 실험은 상용 RTV 실리콘 고무로 내트래킹성 및 내침식성 향상을 위해 ATH 충전제가 다량 첨가된 것으로 자기질 판상시편에 침적하여 1mm 정도의 두께로 코팅하였다. 자외선 조사처리는 Q-panel사의 QUV-Accelerated Weathering Tester를 사용하였다. 이 장치에는 열화를 가속시키기 위해 313nm의 단파장 영역에서 최대방사강도를 가지는 UVB type 형광램프가 8개 부착되어 있으며, 시료와 램프간 거리는 50mm 정도였다. 자외선 처리는 최대 4000시간 동안 수행하였는데 처리기간 중 어떠한 휴지기간이나 응축, spray를 사용하지 않아 자외선만의 영향을 살펴보았다. 최대 방사과장에서 자외선 조사강도와 분위기 온도는 각각 $0.67W/m^2/nm$ 와 $50^{\circ}C$ 로 자동조절하였다. 자외선이 조사되는 동안 초기시료와 일정시간 단위로 꺼낸 시료를 대상으로 표면발수성 및 표면전위 감쇠특성을 조사하였고, 화학적 분석기기를 이용한 구성성분의 변화와 화학적 구조변화를 관찰하였다.

3. 시험결과 및 고찰

3.1 표면발수성에 축적전하의 영향

코로나 방전은 고전압 전극 끝단의 높은 전계에서 발생하며, 또한 습한 상황에서 물방울 사이에서도 발생한다. 하지만 이러한 코로나 방전은 외피 고분자 절연재의 표면 발수성을 일시적으로 손실시킨다. 하지만 이러한 코로나 방전이 실리콘 고무의 경우 발수성 회복과 관련된 저분자량 물질을 생성시켜 회복을 빠르게 한다는 결과도 있다. 본 연구에서는 코로나 방전으로 발생할 수 있는 표면 전하 축적이 발수성에 미치는 영향을 조사하기 위해 코로나 대전장치를 이용하였다.

본 연구에서는 인위적 전하 주입은 침대 평판 구조의 코로나 대전 장비에 망상 그리드 전극을 삽입하여 사용하였다. 코로나 주 전극의 전압은 $\pm 10kV$ 로 하였으며, 그리드 전극에는 $\pm 1kV$ 의 전압을 인가하여 상온에서 정극성과 부극성 각각에 대해 시료표면을 인위적으로 대전시켰다. 대전시간은 10분으로 정해놓고, 이후 코로나 전극을 돌려 제거한 후, 정전하 프로브를 사용하여 대전으로 인한 표면 전위 감쇠특성을 측정하였으며, 전위 감쇠시간에 따라 일정시간 내에 발수성을 측정하여 발수성에 미치는 표면 전하의 영향을 알아 보았다.

그림 1은 코로나 대전 이후 표면 전하 감쇠 현상과

일정시간 단위로 대전된 시료의 발수성을 측정된 결과를 나타낸 것이다. 그림에서 보는 바와 같이 정극성과 부극성 모두 표면전위는 지수함수적으로 감소하였으며, 이러한 전하 감소로 인하여 표면발수성은 점차 회복하였다. 표면전위가 거의 감쇠한 이후에는 초기의 접촉각까지 회복하여 발수성이 표면에 축적된 전하에 의하여 크게 영향을 받고 있음을 알았다.

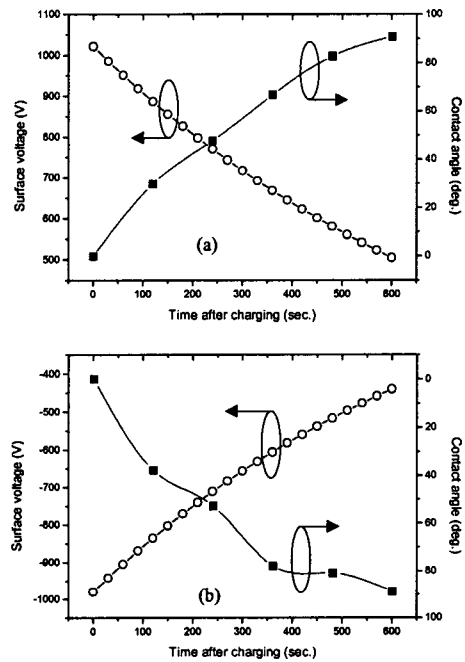


그림 1 초기시료의 표면전위 감쇠 및 이에 따른 접촉각 회복
(a) 정극성 (b) 부극성

3.2 자외선 조사에 따른 표면전하 감쇠효과

앞의 연구결과에서 살펴본 바와 같이 표면에 축적된 전하로 인하여 표면의 발수성은 상당히 감소되며, 시간이 지남에 따라 표면전하는 감소하고 이에 따라 발수성도 다시 회복한다는 사실을 밝혀내었다. 그리하여 옥외사용 시간이 길어짐에 따른 이러한 표면전하 축적현상의 거동을 살펴보기 위해 자외선 처리를 최대 4000시간 하여 표면감쇠특성을 조사하였다. 그림 2는 자외선 처리시간에 따른 표면전위 감쇠속도를 측정된 결과를 나타낸 것이다. 자외선 처리시간이 길어짐에 따라 표면전위 감쇠시간이 길어졌으며, 정극성과 부극성 동일한 결과를 얻었다. 이는 자외선 조사로 인한 자동산화반응 생성물이 표면에 축적

된 전하에 영향을 미쳤기 때문이다. 보통 유기절연 물은 고에너지의 자외선 조사로 인하여 표면이 활성화되고 이로 인하여 표면에 축적된 전하는 빠른 시간내에 감소하게 된다. 하지만 실리콘 고무의 경우는 자외선 조사로 인한 산화생성물이 절연성이 우수한 층으로 인위적으로 축적된 전하가 오랜시간 유지되는 것으로 판단된다.

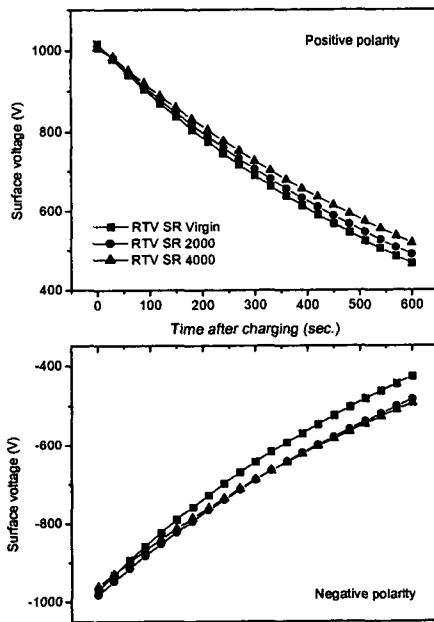


그림 2 자외선 조사에 따른 표면전위 감쇠의 변화

3.3 XPS 분석

위와 같은 축적전하에 영향을 주는 표면의 화학적 구조를 조사하기 위해 극표면의 화학적 결합구조를 알아 낼 수 있는 XPS분석을 하였다. 그림 3은 XPS 스펙트럼 중 wide scan mode로 측정된 것으로 구성분의 변화를 알 수 있다. 초기시료와 4000시간 조사된 시료의 스펙트럼에서 볼 수 있는 바와 같이 자외선 조사된 시료 표면에서 산소의 피크가 증가된 것을 볼 수 있다. 이는 고에너지의 광에너지가 고분자 사슬에 조사됨에 따라 분자쇄의 절단과 이에 따른 라디칼의 발생, 그 후 반응성 산소기의 부착으로 표면에 산소의 양이 증가하는 것으로 판단된다. 그림 4는 초기시료와 자외선 처리된 시료의 high resolution scan mode 결과로 0.08eV단위로 측정된 결과이다. 그림에서 보는 바와 같이 실리콘 결합체 중 세 개 이상의 산소와 결합된 규소원자 성분인 무

기질 실리카 유사상을 나타내는 103.7eV 피크(②, SiO_x , $x=3\sim4$)와 102.1eV(①, SiO_2)에서의 실록산 결합상으로 피크분리 하였다. 자외선 조사로 인하여 무기질 실리카 상의 피크가 증가하는 것을 볼 수 있었으며, 초기시료의 실록산 결합체 상의 피크가 감소하였다. 이로써 RTV 실리콘 고무에서 자외선 조사로 인하여 주쇄의 절단과 함께 반응성 산소기의 재결합 반응이 주로 발생하는 것을 알 수 있다. 이러한 반응으로 인하여 이전의 연구결과인 자외선 조사로 인한 유동성 저분자량 성분의 감소 결과와 일치하는 것으로 자동산화반응의 결과로 발생한 현상들이다.

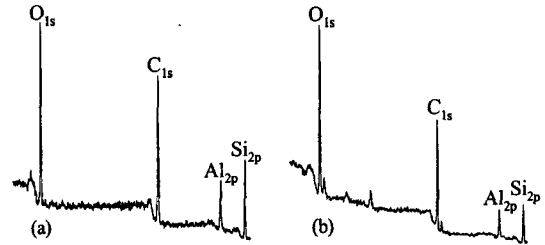


그림 3 자외선 조사에 따른 XPS spectra (wide scan mode)
(a) 초기시료 (b) 4000 시간 조사시료

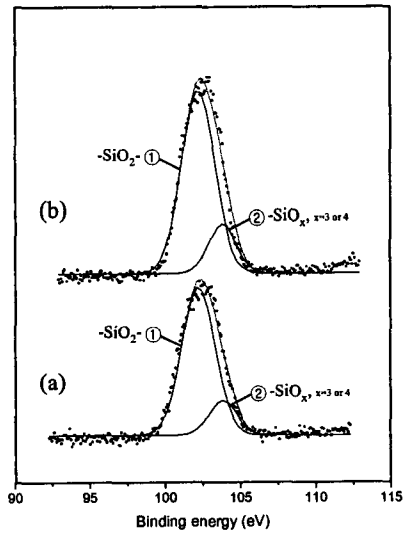


그림 4 자외선 조사에 따른 XPS spectra (high resolution mode)
(a) 초기시료 (b) 4000시간 조사시료

4. 결론

기존 연구결과에 따르면 옥외 노출에 의한 자외선 조사로 인하여 실리콘 고무의 발수성 역할을 하는 표면 메칠 측쇄기의 절단으로 표면발수성이 저하하여, 누설전류가 증가하고 건조대 아크의 발생과 섬락으로 이어지는 열화 메카니즘을 제시하였다. 하지만 실리콘 고무의 경우는 아무리 가속화된 자외선 조사 시간이 길어지더라도 발수성 손실이 거의 없었다. 그러므로 위와 같은 열화 메카니즘으로 진행되지 않는 것으로 생각된다. 위의 시험결과 표면 발수성은 표면에 축적된 전하가 표면에 부착된 물방울 사이에 상호작용을 일으켜 물막을 만들어 누설전류가 증가하게 된다. 이러한 전하 축적현상은 자외선 조사시간이 길어짐에 따라 오랜시간 전하를 보유하게 되어 물막에 이르는 시간을 단축시키게 된다. 그러므로 열화과정으로 장시간 옥외사용으로 인하여 실리콘 고무 표면에 실리카 유사층이 형성되고 표면 전하축적이 용이하게 이루어져 표면발수성에 손상을 입히고 열화되는 과정을 따르는 것으로 판단된다.

감사의 글

본 연구는 한국과학재단 목적기초연구(2000-1-30200-011-3)지원으로 수행되었음.

참고 문헌

- [1] V.M. Moreno, "Ac and dc Performance of Polymeric Housing Materials for HV Outdoor Insulator", *IEEE Trans. Dielectrics and EI*, vol. 6, No. 3, pp342-350, 1999 city
- [2] L. Dissado, "The role of trapped charges in the electrical aging of insulating materials" *IEEE Trans. Dielectrics and EI*, vol. 4, no. 5, pp496-506, 1997
- [3] V.M. Moreno, "Effects of surface charge in the hydrophobicity levels of insulating materials", *IEE Proceedings Generation, Transmission and Distribution*, vol. 145, no. 6, pp675-681, 1998