

코로나 방전 처리에 의한 이종 실리콘 고무의 접착특성

홍주일, 허창수, 이기택, 서유진, 황청호, 황선묵
인하대학교

Adhesion Characteristic of Different Species Silicone Rubbers by Corona Treatment

Joo-Il Hong, Chang-Su Huh, Ki-Taek Lee, Yu-Jin Seo, Cheong-Ho Hwang, Sun-Mook Hwang
Inha University

Abstract - 이 논문은 반도체 실리콘 고무 표면에 코로나 방전 처리하여 이종의 실리콘 고무와의 접착 특성을 나타낸 것이다. 반도체 실리콘 고무 표면 상태를 발수성 등급에 따른 분류와 FTIR(Fourier Transform Infrared Spectroscopy)를 사용하여 평가하였다. 표면 상태 변화에 따른 반도체 실리콘 고무의 접착 특성은 T-peel test로 접착강도를 시험하였다. 실험 결과 고에너지의 코로나 방전으로 반도체 실리콘 고무의 결합체가 절단되었고 이 부분에 산소가 결합되어 극성 관능기를 생성하여 표면을 산화시켰다. 이러한 표면 상태 변화에 따른 접착강도는 초기 상태일 때 보다 코로나 방전 처리 후 증가하는 것을 확인 할 수 있었다. 이 논문을 통하여 코로나 방전 처리는 이중 계면의 접착 특성을 향상 시킬 수 있으며, 이중 계면에서 발생 하는 절연 파괴 전압을 높여 전기절연 성능을 향상 시키는데 도움이 될 것이다.

1. 서 론

전기기에 사용되는 절연재료나 케이블과 같은 절연 시스템에 사용되는 절연 구성물은 단일 재료나 단일 상으로 구성되어 있는 것은 거의 없다. 재료의 조합에 있어서 다른 종류의 재료 사이나 절연물과 전극 사이에 두상이 접촉하는 경계 부근인 계면층이 존재하게 된다. 절연 케이블의 경우 제조 공정과 운반 및 설치의 어려움 같은 문제로 길이의 제한을 받아 케이블 접속재에 의한 접속 방식이 불가피하다. 지중 송전선로의 경우 고장원인을 분석하여 보면 30~50%가 접속재와 같은 케이블 부속재에서 일어났다는 연구 결과가 있으며, 일본의 경우 77 kV급 XLPE 케이블 선로의 전체 고장의 72% 정도를 차지하고 있는 것으로 보고되고 있다[1-2].

초고압 전력 케이블 접속용 부품의 경우 도체와 절연층 사이에 반도체 재료로 만들어진 반도체층이 있다. 이 반도체층은 도체와 절연체가 이루는 계면에서 발생하는 전계를 완화시켜 전계 집중에 따른 절연 파괴와 같은 문제점을 감소시키기 위하여 사용된다. 전력 케이블을 접속용 부품과 연결하여 조립한 후 전압을 인가하면 많은 수의 제품이 규정을 만족하지 못하고 절연파괴가 일어나고 있다. 이러한 원인은 반도체 절연물과 절연물 사이 계면의 접착 불량에 주요한 원인으로 추정하고 있다. 이러한 접착 불량으로 인한 사고를 감소시키기 위하여 반도체부와 절연부 사이 계면의 접착을 향상시키고, 계면접착 현상을 분석하는 노력이 계속 연구되고 있다.

이 논문은 카본 블랙이 20% 함유된 반도체 실리콘 고무와 상온경화 실리콘 고무(RTV, Room Temperature Vulcanized)의 접착에 관한 것이다. 반도체 실리콘 고무 표면에 코로나 방전 처리한 후 표면 발수성을 조사하였고, FTIR을 사용하여 상태 변화를 알아보았다. 반도체 실리콘 고무 표면에 코로나 방전 처리 후 RTV와 접착시켜 접착 강도를 평가하였다.

2. 본 론

2.1 실험방법

반도체성 실리콘 고무 표면에 코로나 방전 처리를 하기 위해 그림 1과 같이 평판 대 평판 대 전극 사이에 유리를 삽입하고 유리끼리에서 코로나가 발생하도록 유도하였다[3]. 시료 표면의 젖음 등급으로 발수성을 정량화하는 STRI(Sewdsh Transmission Research Institute)제안 지수로 표면 상태를 평가하였으며, 표면의 화학적 변화 상태를 FTIR를 사용하여 알아보았다. 반도체 실리콘 고무 표면에 코로나 처리 후 RTV 실리콘 고무를 접착시켜 접착강도를 ASTM 1876에 준하여 측정하였다.

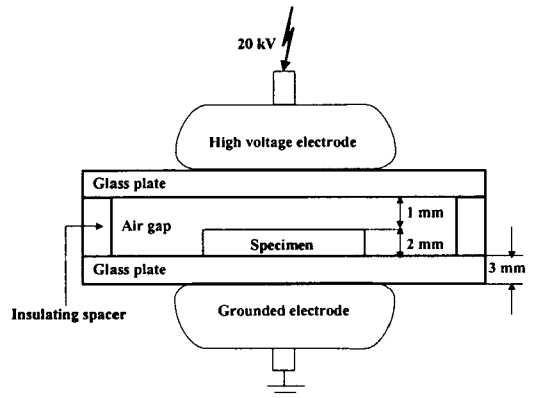


그림 1. 코로나 방전 처리 장치 개략도

2.2 실험결과 및 고찰

그림 2는 표면 발수성의 변화를 STRI 발수성 결정법을 이용한 HC(Hydrophobicity Classification)등급을 단위 시간별로 측정하여 나타낸 것이다. 이 STRI 방법은 시료 표면 전체의 특성을 판정할 수 있는 장점이 있는 것으로 반도체 실리콘 고무 표면의 초기 발수성 등급은 HC 1을 나타내었다. 그러나 코로나 방전 처리 5분에서는 HC 4~HC 5로 저하하였으며, 10분 처리된 시료는 완전히 수막이 형성된 상태로 HC 6~HC 7 이하의 HC 등급을 나타내었다.

보다 극표면에서의 표면 화학적 특성기의 변화를 관찰하기 위해 FTIR 분석 결과를 그림 3에 나타내었다. 코로나 방전 5분 처리한 시료와 10분 처리한 시료에서 뚜렷한 스펙트라 변화를 알 수 없었으나 초기시료와 비교하여 불 때 측쇄기(Si-CH₃)의 스펙트라가 감소하고, 하이드록실기(OH)와 카르보닐기(C=O) 같은 극성 관능기가 증가하는 것을 분명하게 알 수 있다. 이러한 변화는 실리콘 고무 표면으로 배향되어있는 측쇄기가 고에너지의 코로나

나 방전에 의하여 절단되어 활성 자유 라디칼이 되고, 여기에 대기 중의 산소가 결합되어 극성 관능기들을 발달시켜 발수성이 급격하게 낮아진 것이다[4].

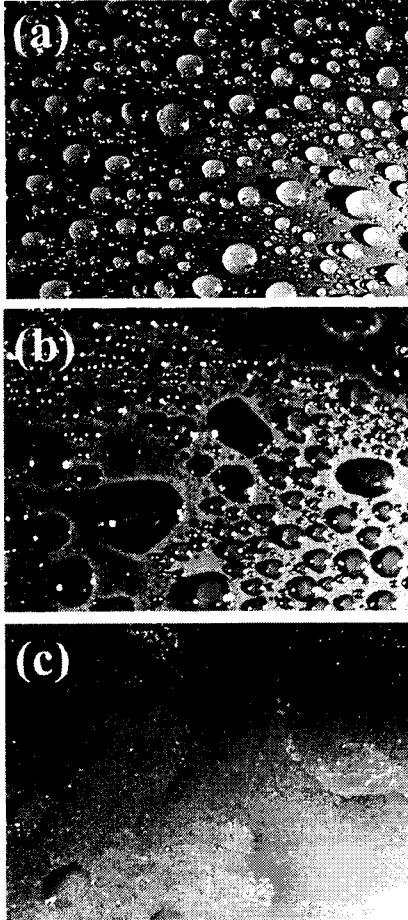


그림 2. 코로나 방전 시간에 따른 반도체 실리콘 고무 표면 발수성 변화
(a) 초기 (b) 5분 처리 (c) 10분 처리

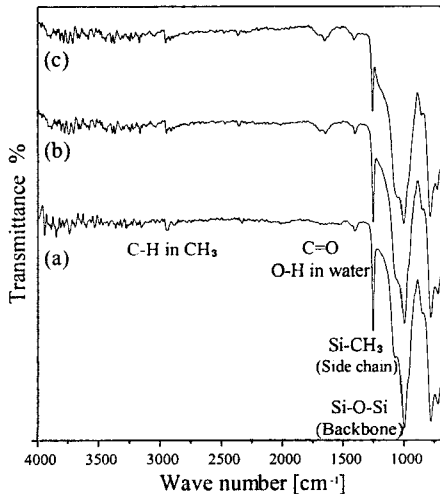


그림 3. 코로나 방전 시간에 따른 반도체 실리콘 고무 표면의 FTIR 스펙트라
(a) 초기 (b) 5분 처리 (c) 10분 처리

위와 같은 표면상태 변화가 접착에 어떠한 영향을 미치는지 알아보기 위해 접착강도를 측정된 결과를 그림 4에 나타내었다. 코로나 방전 3분, 5분 처리된 시료는 초기 시료와 비교할 때 큰 변화는 알 수 없다. 그러나 10분 처리된 시료의 경우 상당히 증가함을 볼 수 있다. 위의 FTIR 결과로부터 화학적 변화로 인하여 접착강도가 증가하였다고 보다 표면 거칠기의 변화가 접착에 더욱 기여하였다고 판단된다. 코로나 방전에 의한 처리 시간이 10분 이내로 한 것은 10분 이후 처리한 시료의 경우 크랙이 관찰되었기 때문이다. 이러한 크랙은 표면 거칠기의 증가로 접착강도를 증가시킬 수 있으나 절연 특성을 저하시키는 요인이 될 수 있다고 사료되기 때문이다.

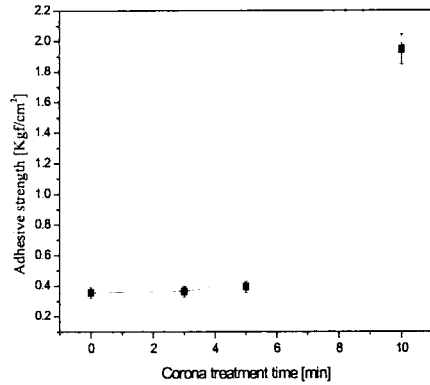


그림 4. 코로나 방전 시간에 따른 접착강도 변화

3. 결 론

코로나 방전은 플라즈마 방전과는 달리 대기 중에서 발생시킬 수 있어 표면 상태를 변화시키는데 용이하지만, 제품의 형태에 제약을 받게 되므로 실험에서와 같이 평판 구조를 가지는 제품의 표면을 처리하기에는 도움이 될 것이다. 코로나 방전은 반도체 실리콘 고무의 표면을 단 시간에 산화시켜 발수성을 낮추어 RTV 실리콘 고무와의 접착을 용이하게 만들었다. 이 논문의 결과는 반도체 실리콘 고무와 케이블의 접속재와 같이 이종의 재료와 접착하여 사용하는 제품에 활용할 수 있는 기본적인 데이터에 도움이 될 것이다. 향후 보다 정확하고 정량적인 평가를 위해 표면 상태의 변화를 여러 측정 방법을 활용하여 평가하고, 접착 상태에 따른 절연 특성 평가를 실험중이다. 또한 반도체 실리콘 고무의 회복 특성에 의한 접착강도의 변화와 절연 평가도 수행 중에 있다.

[참 고 문 헌]

- [1] 1997 workshop lecture book "A short course on power cable" KEWIC KERI, p. 143, p. 193, 1997.
- [2] Nakanishi Y., Fujimori A., Fukunaga S., Tanabe T., Kobayashi M., Shiseki N., and Ando K., "Development of prefabricated joint for 275 kV XLPE cable", IEEE Trans. on Power Delivery, Vol. 10, No. 10, pp. 1139-1147, 1995.
- [3] J. Heiko, R. Brsch, and E. Wendt, "The influence of Temperature on the Recovery of the Hydrophobicity on Silicone Rubber Surface", 2000 Conference on Electrical Insulation and Dielectric Phenomena, p. 242, 2000.
- [4] H. Hillborg and U. W. Gedde, "Hydrophobicity change in silicone rubber," Trans. on Dielectrics and Electrical Insulation, Vol. 6, No. 5, pp. 703-717, 1999.