

Al(OH)₃의 입자크기에 따른 실리콘 고무의 전기적 특성 연구

박효열, 강동필, 안명상, 나문경
한국전기연구원

Effects of Particle Size of Al(OH)₃ on the Electrical Properties of Silicone Rubber

Hoy-Yul Park, Dong-Pil Kang, Myeong-Sang Ahn, Moon-Kyong Na
Korea Electrotechnology Research Institute

Abstract - Al(OH)₃ is added to the silicone rubber for improvement of its resistance against surface discharge. In this paper, four kinds of Al(OH)₃ were added to the SIR during compounding. SIR was deteriorated by a corona treatment. Hydrophobicity recovery rate after corona treatment and arc resistance of SIR were investigated. Hydrophobicity recovery rate of SIR was evaluated by the measurement of contact angle. Arc resistance was evaluated by measuring weight loss of SIR after arc resistance test.

을 위해서 다량의 ATH가 첨가되어 지는데 ATH의 입도와 첨가량에 따라서 재료의 결합상태도 크게 달라질 것이므로 입도와 첨가량이 다른 ATH를 첨가하였을 때 물성의 차이가 크게 나타날 것으로 예상된다.

본 논문에서는 입도가 다른 ATH를 각각 첨가량을 달리하여 첨가한 실리콘 고무의 특성을 조사하였다. ATH의 입도와 첨가량에 따라서 코로나 처리 후 경과시간에 따른 실리콘 고무의 발수성 회복특성을 접촉각의 측정을 통하여 조사하였고, 내아크성을 평가하였다.

2. 본 론

1. 서 론

국내외에서 신소재 폴리머 절연물들의 현장 적용이 보편화되기 시작하면서 이들의 기계적 특성, 내트래킹성 및 신뢰성을 예측하기 위한 열화평가기술에 대한 연구가 진행되고 있다[1]. 옥외절연물 표면이 오염되고 물에 젖으면 누설전류 상승, 국부적 건조대 형성, 전기방전의 발생 등의 과정을 거쳐 shed 재료의 열화가 진행된다[2]. 사용 환경에 따라 정도 차이는 있지만 오염과 습윤의 불가피성을 고려해 볼 때 shed 재료의 발수성과 전기방전에 의한 열화내성은 대단히 중요하다[3, 4].

실리콘 고분자가 내열성, 내후내광성, 산화안정성, 발수성, 내오염성 등 절연소재로서의 우수한 특성을 가지고 있지만 갖 표면에서는 방전발생이 불가피한 옥외절연물에서 장기적인 성능은 실리콘고무의 배합처방에 따라 상당히 차이가 나는 것으로 밝혀지고 있다. 고무소재의 발달은 첨가제의 발달에 기인하고 있는데 폴리머 애자 Shed용 실리콘 고무가 장기절연성능을 유지하기 위해서 트래킹 방지제인 Al(OH)₃(Aluminum Trihydroxide :ATH)의 적처방을 통해 우수한 장기성능을 가진 고무소재의 개발이 필수적이다. 특히, 전기방전이 발생될 때 고온의 열과 단파장의 빛이 재료표면에서 발생하는 상황과 실리콘 고무의 열화기구 등을 고려할 때 ATH가 가장 우수한 보강제인 것으로 많은 연구에서 밝혀져 있다.

실리콘 고무는 옥외환경에서도 우수한 화학안정성을 가지고 있다. 열화된 표면은 물론이고 오손된 표면에서도 발수성이 장시간 잘 유지되는 것으로 밝혀져 있다. 이와 같은 현상은 저분자의 실리콘 오일이 내부로부터 확산되어(diffusion) 열화된 표면재료나 오염물질을 덮는(encapsulation) 실리콘 고무 특유의 동적 회복능력 때문이다[5-13]. 고무원료 속에 포함된 오일은 고무가 성형되는 동안 표면으로 나와 이형제 역할도 하고 가교된 후에도 공기와 접촉하고 있어 표면에너지가 낮은 표면 쪽으로 스며나올 수 있어 표면의 절연성능이 중요한 애자에 있어서 상당한 의미를 갖는다. 표면에너지가 17-18 dyne/cm 정도로 매우 낮으며 표면에 오염된 물질도 쉽게 적시는 특징을 가지고 있다.

폴리머 애자 shed용 실리콘 고무에는 내트래킹성 향상을

2.1 시편제작

사용한 base gum과 ATH 및 고무처방에 사용된 오일의 종류와 시료의 이름을 표 1과 2에 정리하였다.

표 1. 실리콘 고무 컴파운드의 구성성분(1)

Ingredients\Name	S1	S2	S3	S4
Base Gum	100	100	100	100
ATH particle size(μm)	1.6	1.1	0.8	0.5
ATH Content (phr)	155	155	155	155
OH-t-PDMS(70cPs, phr)	8	8	8	8

표 2. 실리콘 고무 컴파운드의 구성성분(2)

Ingredients\Name	SA1	SA2	SA3	SA4
Base Gum	100	100	100	100
ATH particle size(μm)	1.6	1.1	0.8	0.5
ATH Content (phr)	120	120	120	120
OH-t-PDMS(70cPs, phr)	8	8	8	8

2.2 코로나 방전에 의한 시편 표면의 열화

코로나 방전 처리장치(Tantec GmbH, Denmark)는 10cm의 진폭을 가지고 초당 1회씩 scan(왕복운동)을 하도록 제작되어 있으며, 상압에서 균일한 코로나 방전을 발생시키기 위하여 25 kHz, 10 kV의 전원을 사용하였다. 세라믹 플전극과 시편 표면과의 거리는 2 mm로서 모든 시편에 동일하게 적용하였다. 각 시편별로 100회, 1000회로 나누어 코로나 방전열화실험을 하였다. 방전열화된 시편으로 SEM을 사용하여 표면열화 정도를 비교하였으며 발수성 회복특성을 평가하였다.

2.3 표면 접촉각 측정

코로나 방전 처리된 실리콘 고무표면의 열화에 따른 발수성 감소와 방치시간에 따른 발수성 회복특성을 조사하기 위하여 Surface and Electro-Optics의 Dynamic

Contact Angle Meter를 사용하여 접촉각을 측정하였다.

2.4 내아크성 측정

ASTM D495의 규정에 의하여 시료의 내아크성을 측정하였다. 아크에 의하여 재료에 도전로가 형성되면 아크가 소멸되므로 그 때까지의 시간으로 내아크성을 정의한다. 그러나 실리콘 고무는 아크에 의하여 탄화가 되지 않으므로 본 연구에서는 420초의 아크를 시편의 표면에 발생시킨 후 그 때까지의 무게감소를 측정의 기준으로 삼았다.

3. 결과 및 고찰

3.1 표면 접촉각 특성

시료 S1, S2, S3 및 S4와 시료 SA1, SA2, SA3 및 SA4에 대하여 코로나를 100회 처리한 후 발수성의 회복 특성을 측정한 결과를 그림 1과 2에 나타내었다. 경과시간이 -10으로 표기된 것은 코로나 처리 직전의 건전시료의 접촉각을 측정한 것이고, 경과시간이 0으로 표기된 것은 코로나 처리 후 곧 바로 접촉각을 측정한 것이다.

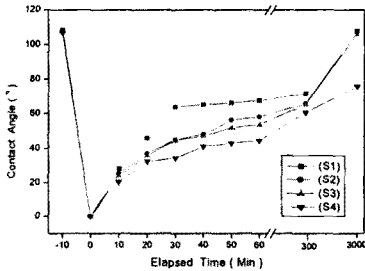


그림 1. 코로나 처리 후 경과시간에 따른 시편의 접촉각 회복특성(ATH 155 phr)

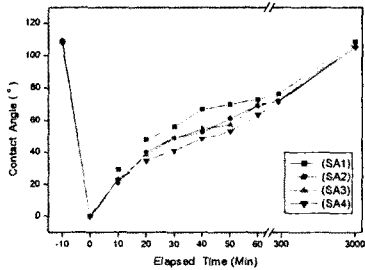


그림 2. 코로나 처리 후 경과시간에 따른 시편의 접촉각 회복특성(ATH 120 phr)

실리콘 고무에 첨가한 ATH의 입도가 작을수록 발수성 회복속도는 느리게 나타났고 시료 S4의 경우에는 3,000분을 방치하여도 코로나 처리 전의 접촉각을 회복하지 못하였다.

첨가한 ATH의 양이 155 phr인 시료와 120 phr인 시료에서 첨가한 ATH의 양이 적은 시료에서 발수성 회복속도는 더 빠르게 나타났다.

ATH를 155 phr 첨가한 시료 S4의 경우에는 3,000시간이 경과하여도 초기의 접촉각을 회복하지 못하였지만 ATH를 120 phr 첨가한 시료 SA4의 경우에는 초기 접촉각을 거의 회복하였다.

ATH의 입도가 작을수록 비표면적은 크게 되므로 코

로나에 의한 열화는 작을 수 있지만 발수성에 영향을 미치는 실리콘 오일의 저분자 성분이 표면에 스며나오는데 많은 시간이 걸리고 ATH가 실리콘 오일을 흡수할 수 있기 때문에 ATH의 입도가 작을수록 발수성 회복속도는 느린 것으로 생각된다.

3.2 내아크성

시료 S1, S2, S3 및 S4와 시료 SA1, SA2, SA3 및 SA4에 대하여 아크를 420초 동안 가한 후 나타난 무게손실을 측정한 결과를 그림 3에 나타내었다.

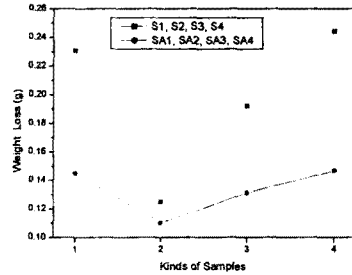


그림 3. 샘플의 종류에 따른 내아크성

S1과 SA1 시료에 비하여 S2와 SA2 시료의 무게손실이 작은 것은 S1과 SA1 시료에 비하여 S2와 SA2 시료에 첨가한 ATH의 비표면적이 넓기 때문인 것으로 보인다. 그러나 S3와 SA3 및 S4와 SA4 시료에서는 실리콘 고무와 ATH의 결합상태가 나빠져서 무게손실이 더 크게 나타나게 된 것으로 보인다.

3. 결 론

1. 실리콘 고무 시편의 표면을 코로나로 처리하였을 경우 첨가한 ATH의 양이 적은 시료에서 접촉각 회복속도는 더 빠르게 나타났다. 그리고 입도가 큰 ATH 분말을 첨가한 시료에서 접촉각 회복속도는 더 빠르게 나타났다.
2. 실리콘 고무의 아크에 의한 무게손실은 첨가한 ATH의 입도가 작을 경우 작게 나타났지만 입도가 일정 크기 이하로 작아질 경우 실리콘 고무와 ATH의 결합상태가 나빠져서 무게손실이 더 크게 나타났다.

[참 고 문 헌]

- [1] N. Dhahbi-Megrache and A. Beroual, "Flashover dynamic model of polluted insulators under ac voltage", IEEE Trans. on D. E. Insulation, Vol. 7, No. 2, p. 283, 2000
- [2] 박영국, 이운석, 정수현, 장동욱, 임기조, "옥외 애자용 재료의 표면 전기전도 특성", 전기전자재료학회논문지, 11권, 10호, p. 758, 1998.
- [3] D. H. Han, H. Y. Park, D. P. Kang, H. G. Cho, "Effects of Added Silicone Oils on the Surface Characteristics of SIR", IEEE Trans. on Dielectrics and Electrical Insulation, Vol. 9, No. 2, p. 323, 2002.
- [4] 한동희, 조한구, 강동필, 민경은, "코로나 방전에 따른 실리콘 고무의 표면특성", 전기전자재료학회논문지, 15권, 2호, p. 133, 2002.
- [5] Y. Hirano, T. Inohara, M. Toyoda, H. Murase, and M. Kosakada, "Accelerated weatherability of shed materials for composite insulators", IEEE Trans. on Dielectrics and Electrical Insulation, Vol. 8, No. 1, p. 97, 2001.
- [6] D. H. Han, H. Y. Park, D. P. Kang, and K. E. Min, "Tracking and erosion resistance and hydrophobicity of

- HTV silicone rubber for outdoor insulators”, Proceedings of 6th ICPADM, p. 354, 2000.
- [7] H. Deng and R. Hackam, “Low molecular weight silicone fluid in RTV silicone rubber coatings”, IEEE Trans. on Dielectrics and Electrical Insulation, Vol. 5, No. 1, p. 84, 1998.
- [8] J. W. Chang and R. S. Gorur, “Surface recovery of silicone rubber used for HV outdoor insulation”, IEEE Trans. on Dielectrics and Electrical Insulation, Vol. 1, No. 6, p. 1039, 1994.
- [9] H. Homma, T. Kuroyagi, and K. Izumi, “Diffusion of low molecular weight siloxane from bulk to surface”, IEEE Trans. on Dielectrics and Electrical Insulation, Vol. 6, No. 3, p. 370, 1999.
- [10] X. Wang and N. Yoshimura, “Fractal phenomena dependence of hydrophobicity on surface appearance and structural features of SIR insulators”, IEEE Trans. on Dielectrics and Electrical Insulation, Vol. 6, No. 6, p. 781, 1999.
- [11] R. S. Gorur, J. W. Chang, and O. G. Am- burgey, “Surface hydrophobicity of polymer used for outdoor insulation”, IEEE Trans. on Power Delivery, Vol. 5, No. 4, p. 1923, 1990.
- [12] 허창수, 연복희, 조한구, “HTV 실리콘 고무에서 열화인자에 따른 저분자량 성분과 표면 발수성의 변화”, 전기전자재료학회논문지, 12권, 1호, p. 1, 1999.
- [13] H.Hillborg and U.W.Gedde, “Hydrophobicity recovery of polydimethylsiloxane after exposure to corona discharges”, Polymer, Vol. 39, No. 10, p. 1991, 1998.