

온도변화가 실리콘 고무의 체적고유저항에 미치는 영향

김탁용, 구길모, 조경순, 이창형*, 홍진웅
광운대학교 전기공학과, 이엔아이(주)*

Effect on the Volume Resistivity of Silicone Rubber due to Temperature Variation

T.Y.Kim, K.M.Ku, K.S.Cho, C.H.Lee*, J.W.Hong
Kwangwoon Univ., E&I Co.*

Abstract

In this paper, the volume resistivity properties of silicone rubber investigated due to temperature dependence. And the measurement of volume resistivity is measured from 1, 5 and 10 minutes when the each applied voltage, for example, DC 100[V], 250[V], 500[V] and 1000[V], is applied. according to the step voltage application method.

As a result, The volume resistivity is higher high voltage than low voltage at the room temperature, but is higher low voltage than high voltage at high temperature.

Key words : Volume resistivity, Silicone rubber, Step voltage, applied voltage, room temperature

1. 서 론

최근 산업의 발달로 계통의 고압화와 고압기기의 사용이 증가하였으며, 한편으로 환경친화적인 문제가 대두됨으로 그동안 사용되던 자기재료를 대체할 수 있는 재료의 요구가 있었다. 이에 고분자 재료는 저항이 크고 절연과 파괴강도가 높으며 유전손실이 작을 뿐만 아니라 기계적 강도가 우수하면서 생산성과 가공성이 좋아 전기기기의 절연재료 등에 널리 이용되어지고 있다. 그러나 고분자 절연재료의 최대 단점은 내열성과 내후특성이 좋지 않다라는 단점이 나타나고 있다.

그러나 실리콘고무의 경우 내열성이 크고, 발수성이 풍부하며, 전기절연성, 내약품성, 내노화성 및 불휘발성 등의 다른 유기고분자에 비해 매우 우수한 특성을 나타내고 있다. 또한 첨가제와 가교제 및 경화온도에 따라 특성을 다양하게 변화시킬 수 있다는 특성을 가지고 있다. 또한 다른 종류와의 접촉특성이 매우 우수하고, 가공특성이 우수하여 가공성이 용이하므로 현재 광범위한 영역에서 사용되어지고 있다.¹⁾

본 논문에서의 실리콘고무의 절연 신뢰성을 확보하기 위하여, 온도 및 전압인가시간 변화에 따른 체적고유저항을 측정하였다.

그 결과 실리콘 고무의 경우 온도에 따른 특성의 체적고유저항이 선형적으로 감소하는 것을 알 수 있었으며, 전압인가시간 변화에 따라 체적고유저항이 감소함을 볼 수 있었다.²⁾ 또한, 고온의 경우 전계의 변화에 따라 급속히 전류밀도가 급속히 증가하는 것을 알 수 있었다.

2. 시료 및 실험

2.1 시료

시료는 현재 실리콘 애자 및 부싱재료로 사용되는 실리콘 고무(Dow coming(R) HV 1665)를 85×85×0.9[mm]크기로 성형하여 제작하였다.

또한 누설전류의 억제를 위해 실험에 사용한 전극은 상부전극은 주전극 38[mmΦ]과 가드링 전극(내경 40[mmΦ], 외경 80[mmΦ]) 및 하부전극은 80[mmΦ]의 평판을 사용하였다.

그림 1은 전극과 시료의 모양을 나타내고 있다.

3. 결과 및 고찰

3.1 온도변화에 따른 체적고유저항

그림 3은 10분동안 전압을 인가했을 때 온도변화에 따른 체적고유저항특성을 나타내고 있다. 그림에서 저온영역에서 고압을 인가한 경우 저압보다 체적고유저항이 크다가 80~120[°C]를 기점으로 저압인가시 고압에 비해 더 큰 체적고유저항을 나타내는 것을 확인할 수 있다.

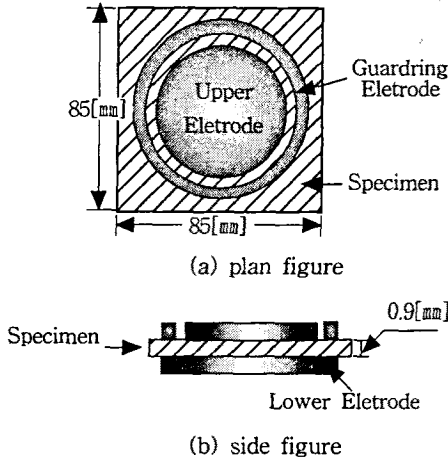


그림 1. 전극과 시료의 형상
Fig. 1. The shape of electrode and specimen

2.2 실험

체적고유저항의 측정은 미소전류계인 High-megohm meter(ANDO Co. Medel VMG- 1000)을 이용하였으며 시료의 가열은 온도조절장치를 내장한 오븐(ANDO TO-9B)을 사용하여 측정하였다.

그림 2는 실험장치의 개략도를 나타내고 있다. 체적고유저항은 절연성을 파악하는 시험법으로, 온도의존성을 실험하기 위하여 전극의 온도를 23, 50, 80, 100, 120, 150[°C]로 Step 인가법에 의해 상승시켰으며, 전압도 Step 인가법에 따라 직류전압을 100[V]에서 1000[V]를 인가한 후, 인가전압을 1, 5, 10분 지속후 각각의 체적고유저항을 측정하였다.

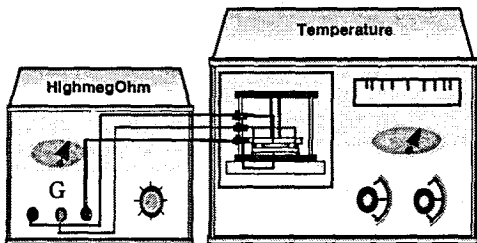


그림 2. 체적고유저항 측정장치
Fig. 2. Experimental device for the measuring volume resistivity

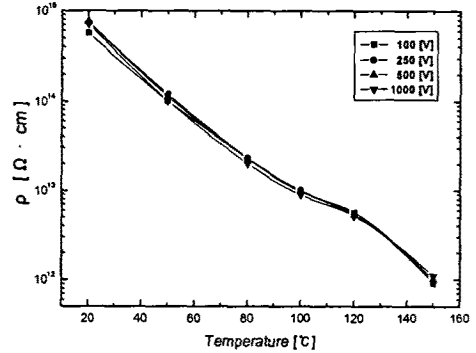


그림 3. 온도변화에 따른 체적고유저항(10[분])
Fig. 3. Volume resistivity due to temperature variation(10[min])

일반적으로 고분자에서의 전기전도는 전자전도와 이온전도가 함께 공존하는 혼합전도이다.³⁾ 그중에서 저온 영역에서는 이온전도⁴⁾가 주로 기여하고 있으며, 고온영역에서는 전자전도가 주되게 작동한다.

그림에서 80~120[°C]를 기점으로 저전계와 고전계의 체적고유저항이 반전되는 것을 볼 수 있는데 이러한 결과는 80[°C]이하에서는 저온 영역으로 이온전도가 주로 작용하기 때문이고, 80[°C]이상의 온도로 상승하게 되면 고온 영역에 해당하며 열에너지에 의한 전자주입 등과 같은 작용으로 캐리어 밀도를 증가시키고, 또한 전자전도가 주로 작용함으로 고전압의 인가는 전류의 증가를 초래하므로 체적고유저항이 저전계의 체적고유저항에 보다 저하된다고 생각된다. 또한 80~120[°C]영역에서 감소율이 완화되는 것을 볼 수 있는데, 이 시점은 이온전도와 전자전도가 서로 동일하게 동작하는 영역이라고 생각되어진다.

그림 4는 인가전압을 1000[V]로 유지하고, 인가

시간을 변화시킨 체적고유저항 결과를 나타내고 있다. 그림에서 저온영역에서는 인가시간을 증가시킬수록 체적고유저항은 더 크게 나타나다가 약 100[°C]~120[°C]영역에서 체적고유저항이 저하하다가 그 이후부터 체적고유저항이 감소폭이 증가하고 인가시간의 증가에 따라 더욱더 체적고유저항이 감소함을 볼 수 있다.

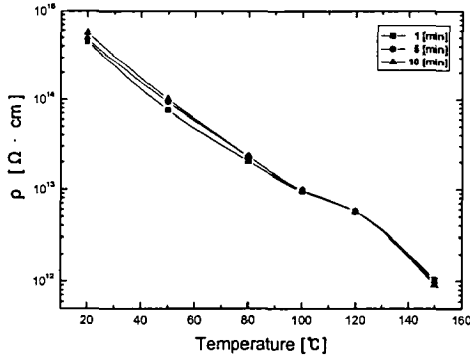


그림 4. 온도변화에 따른 체적고유저항(1000[V])
Fig. 4. Volume resistivity due to temperature variation(1000[V])

이는 상온에서는 흡수전류의 영역에서 전류가 측정되므로 전압을 장시간인가하게 되면, 흡수전류가 포화되어, 전압을 증가시켜도 더 이상의 전류증가는 발생하지 않게 되어 전압인가시간을 증가하면 도리어 체적고유저항은 감소된다고 생각되어진다.

또한, 고온영역으로 이동하면 열에너지에 의해 캐리어 밀도가 증가하고, 한편으로 전자전도가 주로 동작함으로 인가시간의 증가로 충분한 캐리어의 동작으로 누설전류의 증가를 초래하고 이로 인해 체적고유저항이 저하한다고 생각되어진다.

3.2 인가시간에 따른 체적고유저항

그림 5는 상온에서 전압인가시간에 따른 체적고유저항을 나타낸 것으로 인가전압이 100[V]인 경우는 인가시간에 따라 거의 일정한 체적고유저항을 나타내지만, 1000[V]를 인가한 경우 인가시간의 증가에 따라 약간 증가하는 것을 볼 수 있다. 이는 상온에서 전도현상이 이온전도가 주로 나타남으로 내부에서 흡수전류가 존재하는데, 상온에서 고전압

을 가한 경우 저전압 보다 빨리 흡수전류가 포화되어 체적고유저항이 증가한다고 생각되어진다.

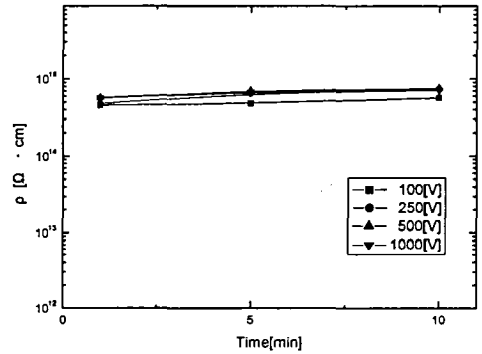


그림 5. 인가시간에 따른 체적고유저항(23[°C])
Fig. 5. Volume resistivity due to supplied time (23[°C])

3.3 전기전도 특성

그림 6은 10분동안 전압 1000[V]을 인가할 때의 인가전계에 대한 전류밀도의 크기를 측정된 것이다.

그림에서 보게 되면 저온영역인 23[°C]와 50[°C]에서 온도에 따라 전류밀도가 비례적으로 증가하는 것을 볼 수 있으며, 80[°C]~120[°C]영역은 전류밀도의 증가폭이 좁게 서로 하나의 그룹을 형성하고 있다. 그러다가 150[°C]영역에서는 또다시 전류밀도 폭이 크게 상승하는 것을 볼 수 있다.

이와 같은 현상은 저온 영역의 경우 이온전도의 영역이므로 전계의 증가에 따라 안정된 상태를 유지하지만, 고온영역의 경우 전자전도의 영역으로 열에너지에 의해 활성화된 캐리어들이 고전계로 이동하면서 급격히 전류밀도가 증가된다고 생각되어진다. 또한 80[°C]~120[°C]의 영역은 그림 3과 4에서 본 바와 같이 전기전도가 이온전도와 전자전도가 공존하는 영역으로 전류밀도의 변화량이 하나의 그룹을 형성한다고 생각되어진다.

그림 7은 전기전도특성의 활성화에너지를 나타낸 그래프로 80[°C]~100[°C]영역에서 활성화 에너지의 변화를 확인할 수 있는데, 이 영역이 체적고유저항 특성의 변곡영역이라고 생각되어진다.

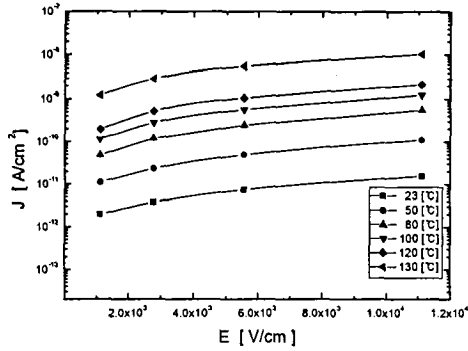


그림 6. 전기전도특성(10[분])

Fig. 6. Electric conduction properties(10[mim])

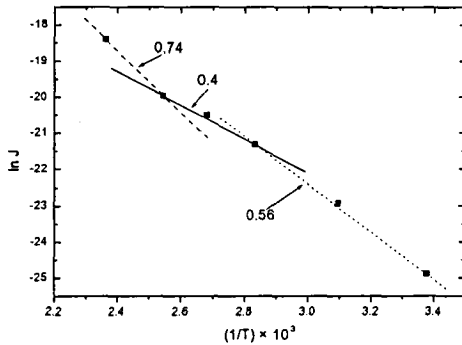


그림 7. 활성화에너지

Fig. 7. Active energy

4. 결론

에자에 사용되어지고 있는 실리콘 고무의 온도 변화가 체적고유저항에 미치는 영향을 조사한 결과이다.

- (1) 온도변화에 따라 체적고유저항이 선형적으로 감소하고, 고온에서 저전압과 고전압의 체적고유저항특성이 반전됨을 알 수 있었다.
- (2) 80[°C]~120[°C]영역에서 체적고유저항의 변화율이 감소함을 알 수 있었다.
- (3) 상온에서 전압인가시간에 따른 체적고유저항은 매우 한정하나, 고온영역은 전계의 증가에 따라 전류밀도가 점차적으로 증가하는 것을 알 수 있었다.
- (4) 150[°C]의 경우 전계의 증가에 따라 전류밀도

가 급속히 증가하는 것을 알 수 있었다.

- (5) 활성화에너지의 조사로부터 변곡영역을 형성함을 알 수 있었다.

참고 문헌

- [1] Joseph C. Salamone, "Polymeric Materials Encyclopedia", CRCpress, Vol.10, pp.7706-7711, 1996.
- [2] 松本安弘, "電氣絶縁", 近代科學社, pp74-77, 1985.
- [3] 金炳熙, "理化學辭典", 韓國辭典研究社,
- [4] L.A.Dissado, J.C.Fothergill, "Electrical Degradation and Breakdown in Polymers", Peter Peregrinus, pp.212-216,1993.
- [5] John J. O'Dwyer, "The Theory of Electrical Conduction and Breakdown in Solid Dielectric", Clarendon Press, pp.18-, 1985.