

실리콘 고무의 내화 및 전기특성

홍성률*, 이성일, 김귀열, 장경욱, 이원재

The Flame Retardent and Electric Properties of Silicone Rubber

Sung-Ryool* Hong, Sung-ill Lee, Gui-Yeul Kim, Kyung-uk Jang, Won-jae Lee

Abstract

Mechanical Properties, such as tensile strength, elongation, and tear strength, decreased according to increasing the load of ATH, volume resistivity, AC break down strength, and tracking resistance for HVI SC contained ATH treated by vinyl Silane were better than those for HVI SC were contained ATH treated by other surface treatment agent, such as stearic acid and acryl silane

1. 서 론

산업이 발전하면서 우리나라의 전력수요는 양적인 면에서 급성장하였을 뿐만 아니라 부하의 성격도 집중화되는 추세에 있다. 따라서 이런 수요에 대응하기 위해 송배전 전압을 꾸준히 높이는 작업을 추진하고 있으며 각종 전력계통에 연결되어 있는 각종 전력기기의 조건도 보다 높은 전압에 견딜 수 있게 설계될 것이다.

이중에서도 절연체의 절연 및 난연은 전력기기의 수명과 안정성을 결정짓는 중요한 요소이고 따라서 보다 절연성능과 난연 특성이 뛰어난 절연체의 개발이 시 급한 실정이다.

실리콘은 C. Friendel과 J. M. Craqts가 1863년에 분자 내에 규소와 탄소의 결합을 갖는 $(C_2H_5)_2Si(C_2H_5)_2$ 에 대하여 "실리콘(silicone)" 혹은 실라놀(silanol)"로 명명된 것에서 시작된 실리콘은 20세기에 들어서 F. Kipping과 W. Dilthey의 광범위한 연구가 있었으며 1930년대부터 1940년대에 걸쳐 미국에서 Corning Glass사의 J. F. Hyde와 GE사에 의해 실용화 연구가 행해졌다¹⁻³. 1941년에 E. G. Rochow가 직접법이라 칭하는 우수한 방법으로 메틸(methyl) 및 페닐클로로실란(phenylchlorosilane)을 합성하는데 성공하여 산업화가 시작되었다⁴⁵.

실리콘 고분자는 축쇄의 종류에 Oil, Resin 및 Rubber 등으로 분류되는데, 특히 시료로 선정된

실리콘 고무는 -70[°C]의 대단히 낮은 저온에서도 유연성이 우수하며 200[°C] 이상의 고온에서도 내 코로나성, 내 오존성, 내후성, 내열성 및 전기 특성이 대단히 우수하여 전기 전자산업에서는 절연재료로 그리고 자동차, 항공기, 의료 및 생활용품 등에서도 광범위하게 사용되며 또한 도전성 실리콘 고무는 최근 컴퓨터 산업의 발달과 함께 각광을 받고 있다⁶⁷. 이러한 실리콘 고무의 특성은 충전제, 가황제 및 첨가제의 종류나 배합 방식에 따라 그 특성이 다양하게 변화한다.

그러나 이 실리콘 고무의 전기적 성질을 물성론적으로 연구함에 있어서는 분자 구조, 조직양상이 매우 복잡할 뿐만 아니라 제조과정에서 많은 불순물이 포함하게 되므로 서 물질내부의 본래의 특성을 규명한다는 것은 쉬운 일이 아니다. 일반적으로 전기 절연 재료로서의 실리콘 고무에 요구되는 성질은 여러 가지가 있으나 체적고유저항이 높고 절연 파괴 전압이 큰 것이 기본적인 요구사항이다⁸⁻¹¹.

또한 고압 절연재료로 응용되기 위해서는 절연특성 뿐만 아니라 방화 특성 및 내 트래킹 특성이 필수적이다.

고압 절연재료용 실리콘 composite의 경우 내 트래킹 특성을 부여하기 위해 많은 량의 Aluminium trihydrate(ATH)를 사용하고 있으나 ATH의 첨가에 따른 기계적 특성이 급격히 하락하는 문제가

제5회 일렉트렛트 및 응용기술 연구회

제기되고 있다. 따라서 본 논문에서는 ATH를 컴파운딩하는 과정에서 표면처리제의 종류를 달리하여 컴파운딩함으로써 ATH와 silicone polymer와의 유기-무기 결합을 유도함으로써 기계적 특성을 개량하고 전기특성에 미치는 영향을 연구하였다.

II. 시료 및 실험방법

II.1. 시료

실리콘 고무란 VMQ형 실리콘 폴리머에 보강성 실리카를 이용하여 기계적 강도를 높여서 실제 산업 분야에 사용된다. 본 실험에 사용된 실리콘 폴리머는 Fig. 1과 같은 구조를 갖는 것으로 Bayer사에서 공급받아 그대로 사용하였다.

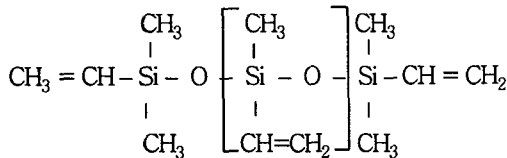


Fig.1. A chemical structure of silicone polymer of VMQ type

보강성 실리카는 건식법으로 제조된 실리카를 사용하였다. 이를테면 수소와 산소의 존재하에서 사영화 규소를 고온으로 반응시켜 제조하는 방식으로 이런 제조공정으로 얻어진 실리카는 7~40nm의 작은 입자경을 갖고 있으며 SiO₂의 순도가 99.9%의 고순도인 건식실리카를 Degusa에서 공급받아 그대로 사용하였다. 가교제로 사용한 과산화물은 Aldrich에서 공급하는 2,5-dimethyl 2,5-t-butyl peroxy hexane(DMTBPH)을 사용하였다.

II.2. 컴파운딩

실리콘 고무의 전기적 특성 및 난연 특성을 연구하기 위해 Table 1과 같은 배합으로 컴파운딩하였다. 컴파운딩 장치를 사용하였으며 각각의 폴리머에 실리카의 함량을 달리하여 첨가하여 상온 25°C에서 2시간동안 믹싱한 후 180°C에서 8시간 동안 반응 시켰으며 마지막 공정에 150°C에서 1시간 동안 진공으로 미반응된 불순물들을 제거한 후 실온(20~30°C)에서 24시간 숙성시켜 실리콘 고무 컴

파운드를 제조하였다.

Table 1. Formulation of compound (단위:phr)

성분 \ 시료	SO	SS	SA	SV
Silicone Base	100	100	100	100
ATH	20 ~ 100	20 ~ 100	20 ~ 100	20 ~ 100
표면 처리제	0	2 Stearic acid	2 Acryl silane	2 Vinyl silane
Process oil	2	2	2	2

* 표면처리제의 량은 ATH 100[phr]에 대한 [phr]임.

II.3. 실험방법

II.3.1 기계적 강도 측정(UTM)

ATH가 첨가된 실리콘 고무의 기계적 강도를 측정하기 위해 Instron 사제 Model 4411을 사용하였다. 인장강도 시험은 ASTM D 412의 시험 규정에 따라 시험하였으며 시험편은 아령형 3호를 사용하였으며 인열강도는 ASTM D 624의 C형 시험편으로 시험하였다.

II.3.2 체적저항

실리콘 폴리머의 종류 및 실리카의 종류에 따른 전기특성의 상관관계를 알아보기 위하여 체적저항 시험을 행하였다. 체적저항기는 TOA Electronics 사의 모델 SM-10E를 사용하였다. 시료는 1 mm 두께로 가교된 시험편을 사용하였다. ATH의 함량을 20~100[phr]까지 20[phr] 단위로 컴파운딩한 것을 가지고 체적저항을 측정하였고, ATH의 표면처리에 따른 체적저항을 측정하였다.

III. 결과 및 고찰

III.1. 기계적 강도

난연성과 내 트래킹 특성을 향상시키기 위해서는 무기계 촉진제를 다량 사용해야 한다. 그러나 난연성 및 내 트래킹 개량으로 가장 많이 사용되는 것은 Al(OH)₃, Mg(OH)₂ 및 CaCO₃ 등이 사용되고 있으나 silicone 고무에 다량 사용하면 기계적 특성

이 크게 감소하는 단점이 있다.

본 연구에서는 이런 단점을 보완하기 위해 ATH의 표면을 각종 표면처리제에 따른 기계적 강도의 변화를 비교하였다. 또한 ATH의 첨가량은 20[phr]에서 100[phr]까지 20[phr] 씩 증량시키면서 컴파운딩하였다.

참 고 문 헌

1. J. Turnhout, "Thermally stimulated discharge of polymer electrets" *Polym. J.*, Vol. 2, No. 2, pp. 173-191, (1971)

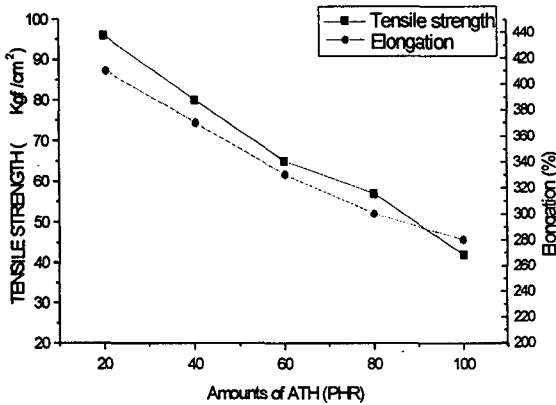


Fig.2. The mechanical properties of silicone compound with untreated ATH

IV. 결 론

- 고압 절연용 전기재료로 응용하기 위한 실리콘 고무의 컴파운딩 조건 중에서 난연제로 사용한 ATH의 표면처리에 따른 특성을 비교한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.
- Bound rubber의 함량은 vinyl silane으로 표면 처리한 ATH를 충전한 실리콘 컴파운드가 가장 높았다
- 과산화물 가류시의 가류밀도는 지방산으로 표면 처리한 ATH를 첨가한 경우 가류장애현상으로 가류밀도가 낮아졌으며 vinyl silane으로 표면 처리한 ATH를 충전한 실리콘 컴파운드는 ATH의 표면에 도입된 vinyl기에 의해 가류밀도가 가장 높았다.

본 연구의 결과를 종합하면 ATH의 표면처리제의 선택이 전기특성에 많은 영향을 끼치는 것을 알 수 있었으며 vinyl silane으로 표면 처리한 경우가 모든 특성에서 가장 우수한 결과를 나타내었다.