

실리콘 고무 복합재료의 물성에 대한 실리콘 오일의 영향

한 동 회, 감 동 필
한국전기연구소

Effects of silicone fluid in silicone rubber composite

D. H. Han, D. P. Kang
Korea Electrotechnology Research Institute

Abstract

Silicone rubber composite is very suitable for insulation materials because of its hydrophobicity, mass productivity, and design flexibility.

A study of the diffusion of silicone fluid from the bulk to the surface of the silicone rubber composite using dynamic contact angle meter and scanning electron microscopy(SEM) is reported. A study of the mechanical strength of the silicone rubber composite having various silicone fluids and fluid contents is also reported. It has been found that the kind of silicone fluid affects the diffusion rate of the silicone fluid from the bulk to the surface of the silicone rubber composite after artificial pollution.

1. 서 론

옥외 절연물의 주종을 이루어 온 porcelain보다 표면 에너지가 큰 실리콘 고무는 발수성이 뛰어나고 옥외 신뢰성이 우수하여 전기절연물 분야에 적용이 가속화되고 있다. 실리콘 고무가 shed재료로 사용되기 위해서는 우선적으로 내트래킹성이 뛰어나야 한다. 실리콘 고무 자체만으로는 내트래킹성의 한계가 있으므로 일반적으로 alumina trihydrate(ATH)를 다량 첨가하여 이러한 특성을 보장한다.

사용중인 절연물의 섬락사고에는 오손물질과 물이 결정적인 기여를 한다. 절연물의 표면을 통하여 흐르는 누설전류는 절연물 표면이 건조할 때와 젖어 있을 때가 상당히 다르며 오손물질의 종류나 오손 정도에 따라 차이가 있다. 특히 오손이 심할수록 건조상태에서의 누설전류값에 비하여 젖은 상태에서의 누설전류값이 훨씬 크게 증가하므로 표면의 젖음성(wettability)은 절연물의 장기특

성과 관련하여 상당히 중요한 요소이다.

본 연구에서는 실리콘 고무 복합재료가 오손이 된 상태에서 트래킹이 일어날 경우 어떠한 기구에 의하여 발수성이 회복되는지를 연구하기 위하여 인위적으로 실리콘 오일들을 첨가하였으며, 이것들이 기계적 특성에 미치는 영향과 아울러 선행오손된 실리콘 고무 표면의 발수성 회복특성을 조사하였다.

II. 실험

본 실험에 사용된 실리콘 고무는 열경화형 고무(HTV rubber)로서 주쇄에 메칠기와 비닐기를 동시에 지닌 구조를 가지고 있으며 비닐기의 메칠기에 대한 상대적인 양은 0.1 % 정도이다. 경화제로는 DMBPH를 사용하였으며, 시편제작은 경화조건을 175°C에서 10분으로하여 프레스(Tetrahedron, USA)로 제작하였다.

실리콘 고무 표면의 발수성 회복특성을 규명하기 위하여 새가지 종류의 실리콘 오일(A, B, C)을 인위적으로 첨가하였으며, 킵파운딩을 위하여는 mixing roll을 사용하였다. A는 polydimethylsiloxane(PDMS)으로서 중합도는 70이다. B와 C는 주쇄에 페닐기를 가진 구조로서 B가 C보다 페닐 함량이 높다.

제조된 실리콘 고무 시편은 인공적인 오손을 주기 위하여 표면을 #220 sandpaper로 스크래칭하고 물에 잘 분산된 Al_2O_3 (평균입도 = 6 μm)로 처리하였으며, 80°C의 온에서 건조한 후 발수성 회복특성을 조사하였다.

발수성 회복특성을 조사하기 위하여 주사전자현미경(SEM)과 접촉각 측정기를 사용하였으며, 기계적 특성을 위하여는 인스트론을 이용하였다.

III. 결과 및 고찰

그림 1은 실험에서 전술한 바와 같이 표면을 인공오

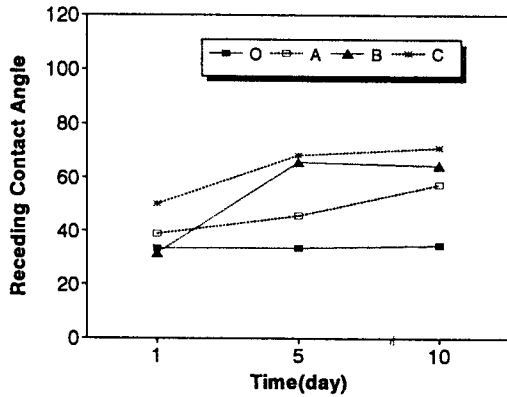


그림 1. 선행오손시킨 실리콘 오일이 첨가된 실리콘 고무의 시간경과에 따른 접촉각 특성

손 시킨 실리콘 고무 복합재료의 발수성 회복특성을 접촉각 측정기로 측정한 것이다. O는 실리콘 고무 복합재료에 오일이 첨가되지 않은 시편이며, 나머지는 실리콘 오일이 2 phr 첨가된 시편이다. 그림에서 알 수 있듯이 O는 80℃ 오븐에서 10일이 지나도 발수성 회복이 거의 되지 않음을 알 수 있으며, B와 C는 5일까지는 상당히 발수성이 회복되나 그이후 부터는 거의 포화된 양상을 나타낸다. 이는 초기에 실리콘 오일이 실리콘 고무 표면으로 상당부분 migration되는 것이며, 이러한 현상은 실리콘 오일과 실리콘 고무의 상용성이 거의 없음을 나타낸다. 한편 A는 전체적으로 서서히 발수성이 회복되는 경향을 보이며, 이는 B와 C보다는 상용성이 있음을 나타내고 있다.

그림 2는 실리콘 고무복합재료의 표면을 SEM 사진으로 나타낸 것이다. (a)는 어떤 처리도 하지 않은 초기 실리콘 고무 복합재료의 표면을 나타낸 것이며, (b)는 오일이 첨가되지 않은 실리콘 고무를 #220 sandpaper로 스크래칭한 것이다. (c)는 (b)에 Al_2O_3 로 처리한 것이며 (d), (e), (f)는 각각 실리콘 오일 A, B, C가 2 phr 첨가된 실리콘 고무를 (c)와 같이 처리한 것이다. 그림 (c)에서 Al_2O_3 가 실리콘 고무 전체 표면에 골고루 분산되어 있음을 알 수 있다. (d), (e), (f)에서 (c)와 (f)는 첨가된 실리콘 오일이 상당히 표면으로 나와 있음을 알 수 있으며, (d)는 표면으로의 migration이 별로 일어나지 않음을 알 수 있다. 이는 그림 1의 접촉각 특성과 비교해 볼 때 상당히 일치하며 특히 (d)와 같이 저분자성 실리콘 오일의 migration이 거의 없이도 접촉각은 상당히 회복되는 것을 볼 때 상당히 흥미로운 결과라고 생각된다.

실리콘 오일의 첨가에 따른 실리콘 고무 복합재료의 인장강도 특성을 그림 3과 4에 나타내었다. 그림 3에서의 경화조건은 175℃에서 10분이며, 그림 4에서는 175℃

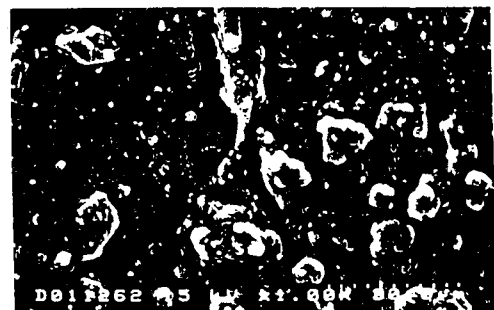
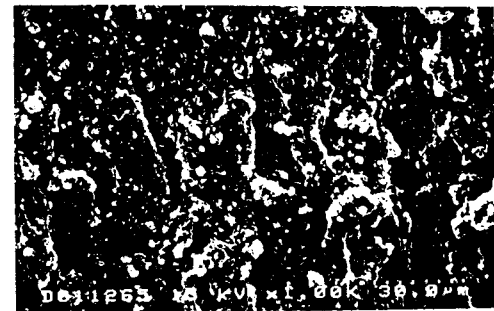
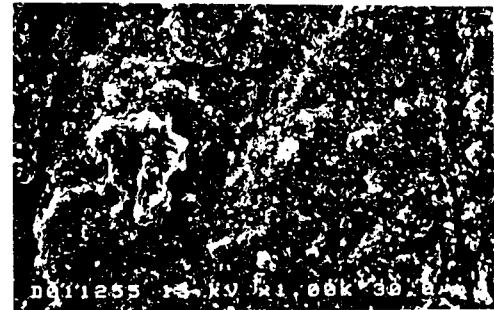
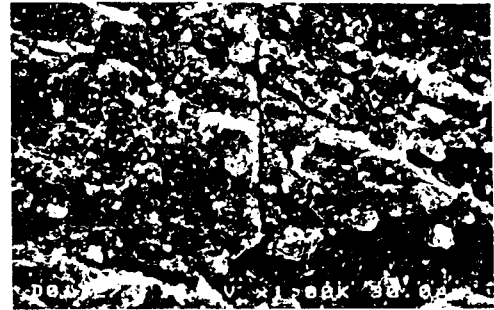
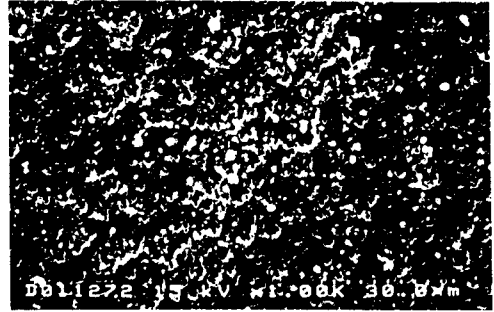




그림 2. 선행오손시킨 실리콘 고무표면의 시간경과에 따른 SEM 사진

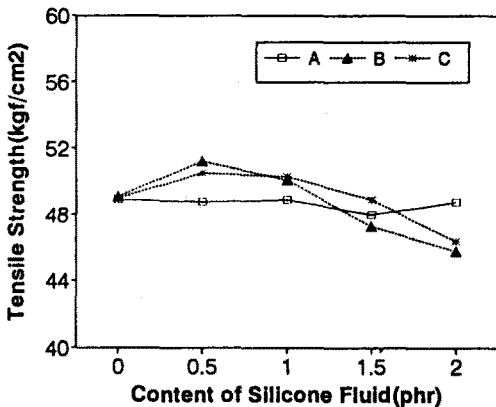


그림 3. 실리콘 오일의 첨가에 따른 1차 경화시킨 실리콘 고무의 인장강도 특성

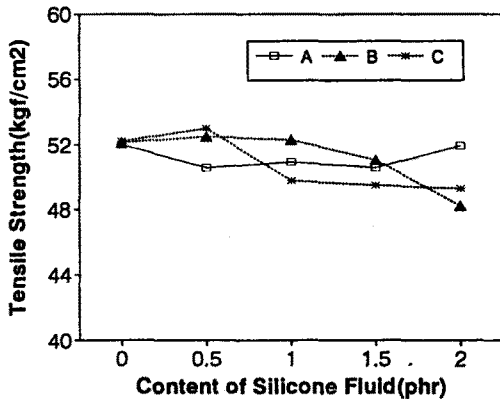


그림 4. 실리콘 오일의 첨가에 따른 2차 경화시킨 실리콘 고무의 인장강도 특성

에서 10분간 1차 경화를 하고 150°C에서 5시간동안 2차 경화를 하였다. 그림 3과 4에서 B와 C는 오일의 양이 증가함에 따라 인장강도가 다소 증가하는 경향을 보이나 1 phr 이후 부터는 감소하는 것을 알 수 있으며, A는 오일의 양에 따른 인장강도의 변화가 거의 없음을 알 수

있다. 그림 3과 4를 비교해 볼 때 2차 경화를 하면 인장강도 값이 증가한다는 것을 확인할 수 있으며, 이로부터 열경화형 실리콘 고무는 반드시 2차 경화가 필요함을 알 수 있다.

IV. 결 론

실리콘 고무 복합재료가 오손이 된 상태에서 어떠한 기구에 의하여 발수성이 회복되는지를 연구하기 위하여 인위적으로 실리콘 오일들을 첨가한 후 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

첫째, 경화된 실리콘 고무 내부에 존재하는 저분자성 실리콘 오일이 표면으로 migration됨으로서 발수성이 회복된다는 것을 확인할 수 있었다.

둘째, 구조적으로 상용성이 있는 실리콘 오일 A가 상용성이 부족한 실리콘 오일 B와 C보다 diffusion rate가 낮았다.

셋째, 이러한 실리콘 오일의 첨가가 실리콘 고무 복합재료의 기계적 특성에 미치는 영향을 살펴보면, B와 C는 1 phr 이상이 첨가되면 인장강도가 저하되지만 A는 실리콘 오일의 양과 무관한 값을 나타냄을 알 수 있었다.

참고문헌

1. S. H. Kim, E. A. Cherney and R. Hackam, "Suppression mechanism of leakage current on RTV coated porcelain and silicone rubber insulators", IEEE Trans. on PD, Vol. 6, pp. 1549-1556, 1991.
2. S. H. Kim and E. A. Cherney, "Effects of filler level in RTV silicone rubber coatings used in HV insulators", IEEE Trans. on EI, Vol. 27, No. 6, pp. 1065-1072, 1992.
3. R. G. Niemi and T. Orbeck, "High surface resistance protective coatings for HV insulators", IEEE PES Summer Meeting, paper C72 557-7, 1972.
4. R. S. Gorur, E. A. Cherney, R. Hackam, and T. Orbeck, "The electrical performance of polymeric insulating materials under accelerated aging in a fog chamber", IEEE Trans. PD, Vol. 3, No. 3, pp. 1157-1164, 1988.