

Epoxy-Layered Silicate Nanocomposites Treeing 현상에 관한 연구

박재준, 조대령, 조항석, 김경태, 황병준
전기전자공학과, 중부대학교

Treeing Phenomena of Epoxy-Layered Silicate Nanocomposites

Jae-Jun Park , Dae Ryng Cho, Hog Sok Cho ,Kyung-Tae Kim , Byung-Jun Hwang
Department of Electrical Electronic Engineering, Joongbu University

Abstract : 본 논문은 새롭게 초음파 분산기법을 이용하여 제조된 나노복합재료와 원형에폭시 수지에 대한 전기적 특성인 트리현상의 여러특성을 연구하였다. 나노필러인 Layered Silicate Particles가 에폭시수지 중에 Power Ultrasonic으로 분산된 나노복합재료를 제조하였다. 충전된 혼합물에서 나노입자의 영향을 조사하기위해 열적, 구조적 특성을 연구하였고, 장시간 절연파괴 특성을 조사하기위해 침대평판 전극으로 원형에폭시수지와 나노복합재료와 비교 측정하였다. 연구는 에폭시원형수지에 대한 인가전압레벨(교류 10, 15, 20kV)의 변화와 온도변화에 대한 (30,90,130℃)의 트리특성을 연구하였다. 모든 전압레벨에서는 일정전압까지 1kV/s로 승압 후 일정하게 인가되었고, 파괴에 이를 때까지 측정한 결과 10kV, 15KV, 20KV의 경우 1042,75,488분후에 파괴에 이르렀다. 그러나 트리진행속도는 인가전압이 높을수록 빠르게 진행하였다. 온도 변화에 대한 트리특성으로서 15kV인가 후 파괴에 이르는 시간은 30,90,130℃의 경우 75.3, 970, 226분으로 90℃의 경우 절연성능이 가장 우수하였고, 트리진전속도는 30℃,130℃,90℃ 순으로 나타났다. 이는 트리진전으로 파괴에 이르는 시간과 속도는 트리형태에 지배적으로 영향을 받고 있음을 알 수 있었다. 또한 나노복합재료 트리의 경우 15kV인가시 10902에 파괴에 이르렀고, 트리진전속도는 0.000729mm/min으로 원형에 비하여 53.36배의 트리진전시간이 느리고, 파괴시간은 145배 오래 견디는 절연내력을 측정할 수 있었다.

Key Words : Epoxy-Organoclay Nanocomposites, Power Ultrasonic Dispersion , Treeing Phenomena

1. 서 론

고분자와 나노크기의 무기물 입자를 복합한 고분자 나노복합재료는 최근 각광을 받고있다. 기계적, 열적,가스장벽 특성 향상이 보고되어졌다. 특히, 나노유전체(Nanodielectrics)의 출현은 전기적 절연 그리고 유전재료분야에서 나노복합재료로 관심이 증가되고 있다. 예로서, 에폭시-TiO₂ 나노복합재료,EVA-층상실리케이트 나노복합재료,Polyamide-층상실리케이트 나노복합재료 그리고 에폭시-ZnO 나노복합재료가 절연과 유전특성을 토의하기위해 조사되어졌다. 에폭시-TiO₂ 나노복합재료는 원형에폭시수지보다 더욱더 낮은 유전을 갖고있으며, purification처리는 EVA-층상실리케이트 나노복합재료의 공간전하 누적거동에 영향을 주며, polyamide-층상실리케이트나노복합재료는 우수한 부분방전저항성을 갖고며 그리고 나노스케일 ZnO 입자들을 갖는 단지1wt%을 갖는 에폭시-나노복합재료는 침대평판전극구조를 갖는 마이크로 스케일 ZnO입자들 갖는 에폭시수지 보다 더욱더 긴 파괴시간을 갖고 있다. 역시에폭시수지에 기초한 높은 퍼포먼스에 대한 연구진행은 층상실리케이트필러를 갖는 에폭시 수지는 침대평판 전극 구조에서 필러가 충전 되지 않은 에폭시수지보다 훨씬 높은 파괴 값을 얻을 수 있었다. 산업재료로서 고분자나노복합재료 이용 증가는 향후에 기대되는 바이다. 특히, 에폭시수지는 가령 switchgear ,electric roating machinery 중전기 장치의 절연시스템에 대해 필수불가결한 재료이다. 나

노복합재료 기술(technology)을 이용한 절연재료는 중전기 장치 퍼포먼스를 향상시킬 수 있다.

2. 실험장치

2.1 실험장치

절연파괴시간은 실리콘오일이 채워진 챔버에 트리전극 장치에 일정온도가 유지되도록 자동 온도조절장치로부터 트리전극시스템 유중온도를 30℃로 일정하게 하였다. 전압은 교류1kV/s승압으로 15kV까지 인가 후 일정하게 인가하여 절연파괴에 이르는 시간을 측정하였다. 전극은 Rod지름이 1mm, 길이60mm, 30°의 Tip Angel 과 5μm의 Curvature radius 이 전극으로 사용되어 졌다.

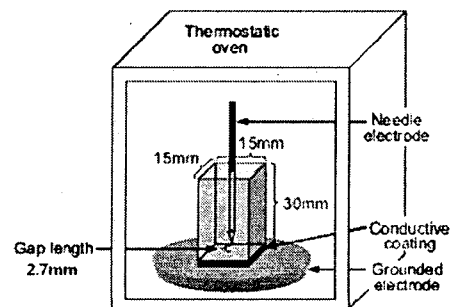


그림 1. 침대평판전극 배치에의한 트리장치

needle은 needle tip과 specimen bottom사이 갭 길이를 2.7mm로 설치하였다. 도전성 실버코팅은 시편하부평판한 부분에 도포하였고, 그 시편은 접지전극에 설치되었다. 측정결과는 4개의 시편이 동시에 측정되어진 결과를 나타내었다. Digital Microscope가 상세한 트리개시 및 진전과정 관찰에 이용되어졌고, 30초당 일정하게 트리진전영상을 포착하도록 설치하여 연구하였다.

3. 결과 및 고찰

절연재료의 트리파괴연구는 신뢰성평가에 중요한 결과를 가져온다. 절연물 제조 시 이물질함유, 보이드존재 그리고 금속과고분자사이 계면부분의 크랙 등에 의해 트리개시가 이루어지게 된다. 트리가 개시되면 연진은 파괴에 도달하는 형태가 트리진전으로 진행되기 때문에 매우 중요할 것이다. 또한 트리개시와 진전은 트리 침 곡률반경, 인가 전압레벨, 측정온도, 측정재료 등에 따라 각기 다른 형상의 트리로 개시되어 파괴에 이르게 된다.

본 연구에서는 30℃에서 교류15kV,침의 곡률반경 5μm를 갖는 상황에서 무충진에폭시와 Layered Silicate가 1wt%함유된 나노복합체를 비교 측정하였다. 그 결과 무충진에폭시와 나노복합체의 트리형상은 가지형 트리로 같은 형상을 나타내었다. 그러나 무충진에폭시수지는 잔가지가 별로 나타내지 못하였고, 반면에 나노복합체는 상대적으로 잔가지가 많은 형상의 가지형트리가 관측되었다. 또한 트리개시는 무충진에폭시수지의 경우 6분, 나노복합체의 경우 7200분에 이르러서 개시되었다. 파괴에 걸리는 시간은 무충진에폭시수지의 경우 75.3분, 반면 나노복합체는 10902분(181.7시간)후 파괴에 이르렀다. 트리진행속도는 트리개시시간으로부터 파괴에 이르는 시간을 2.7mm길이로 환산한 값을 정의한 결과, 무충진에폭시수지에 비하여 나노복합체 트리진전속도는 53.36배 지연된 속도와 144.7배의 더 오래 후 파괴되는 시간을 얻을 수 있었다. 여러 결과로부터 무충진에폭시수지는 분명하게 침선단으로부터 개시되었고, 진전도 직선적으로 곧바르게진행되었다. 반면에 층상실리케이트가 충전된 나노복합체의 경우는 잔가지가 많은 경우 옆으로 퍼져진행되었고, 트리체널이 무충진수지에 비하여 더욱 좁은 트리가지형상을 갖고있다. 이는 트리진행시 층상실리케이트가 트리진행을 방해하는 요소로 작용되며, 진전은 원형 에폭시수지로 반복적으로 진행되는 결과로 사료되며, 여러 연구자의 견해와 일치 되는 바 크다고 볼 수 있다.

표1. 무충진에폭시수지와 나노복합체 트리관찰 결과

Nanocomposites Treeing Phenomena	15kV, 측정온도30℃			
	초기 트리	파괴 시간	트리 타입	진행 속도
Epoxy Resins	6min	75.3 min	가지형	0.0389 mm/min
Epoxy/Organoclay Nanocomposites_1wt%	7200 min	10,902 min	가지형	0.000729 mm/min

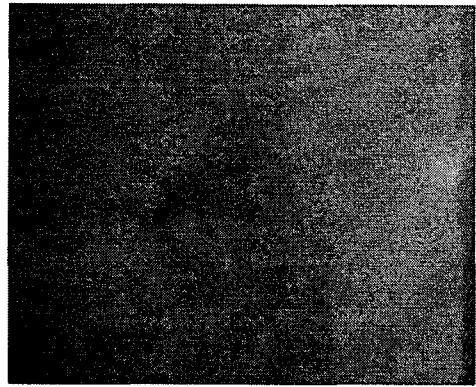


그림2.. Epoxy/Organoclay Nanocomposites 트리 (177시간 4분 진전된 트리형상)

4. 결론

본 연구에서는 에폭시-층상실리케이트가 유기적으로 변경된 층상실리케이트 1wt%분산된 나노복합체를 제조하였다. 절연특성을 연구하기 위하여 무충진에폭시수지와 나노복합체와 비교하여 트리시스템을 이용하여 측정하였다. 그 결과 다음과같은 결과를 얻을 수 있었다.

1. 30℃온도하에서 교류15kV인가, 나노복합체 절연파괴 시간은 무충진에폭시수지에 비하여 144.7배 지연된 파괴 시간을 나타내었고, 트리진전속도면에서도 53.36배 늦은 트리전을 나타내었다. 이런 결과를 볼때 나노복합체 향상된 절연특성은 향후 중전기장치개발에 유리한 잇점을 갖게 될 것이고, 나노복합체 분산결과가 이와같은 효과에 지배적임을 알 수 있었다.

참고 문헌

[1] Takahiro Imai, Fumio Sawa, Tamon Ozaki, Toshi Shimizu, Ryouchi Kido, Masahiro Kozako and Toshikatsu Tanka, "Influence of Temperature on Mechanical and Insulation Properties of Epoxy-Layered Silicate Nanocomposites", IEEE Transaction on Dielectrics and Electrical Insulation, Vol.13, No.1, pp.445-452, 2006