1995年度 定期總會 및 秋季學術大會 論文集 1995.11.18

전기적 스트레스에 따른 에폭시 복합체의 열자격전류 특성

오현석○, 김진사, 박건호, 이준웅
광운대학교 전기공학과

The Properties of Thermally Stimulated Currents according to Electrical Stress in Epoxy Composites

Hyun-Seok Oh ○, Jin-Sa Kim, Geon-Ho Park, Joon-Ung Lee
Dept. of Electrical Eng. Kwangwoon Univ.

ABSTRACT

The degradation phenomena according to electrical stress in epoxy composites were studied. The formation of electrets were observed by appling high voltages, 22.9[kV/cm], during 5[hr] to five kinds of specimens for a given mixing rate, and then TSC(thermally stimulated current) values were measured at the temperature range of -160~200[℃].

Ⅰ. 서 론

절연 구성에서 고전계화에 견딜 수 있는 전기적 특성 및 기계적 강도가 뛰어나고 고온 특성이 우수한 에폭시 절연 재료의 개발과 기기의 성능 및 수명을 지배하는 에폭시 복합 절연 재료의 구조 물성 파악 및 절연물 내부 결함이나 보이드에 의한 코로나(Corona) 방전이나 기계적, 열적 노화에 따른 절연 열화 현상의 물성론적 해명을 통해 중전 기기의 초고압화와 소형·경량화에 대응할 수 있는 절연 설계 기술을 확보할 수 있어야만 앞으로 송·배전 계통의 신뢰성 확보와 전력 설비의 안전한 운영 관리 체계를 구축할 수 있을 것이다.

따라서 본 연구에서는 변성기의 몰드 재료로 널리 쓰이고 있는 에폭시 복합체의 전기적 성질을 규명하고, 전기적 열화 현상을 조사하기 위하여 전기적 스트레스에 따라 설정된 5종의 시료에 대해 각각 온도 범위 -160~200[℃]에서 TSC 스펙트라를 측정하여 에폭시 복합체의 전기적 특성 변화를 고찰하고자하였다.

Ⅱ. 실 험

Ⅱ-1. 시편 제작

본 연구에서 사용된 시료는 비스페놀-A형(Bisphenol-A type) 에폭시 수지와 산무수물 계통의 MeTHPA(Methyl Tetra Hydro Phthalic Anhydride)를 경화제로 하여 임의의 일정 배합 비율로 하여 설계하였으며, 충격 강도와 인장 강도를 개선시키기 위하여 유연제인 DY-040을 5 [wt%] 첨가하였고, 기계적 및 열적 특성을 개선하기 위하여 충진제로 실리카(SiO_2)를 첨가하였다. 또한, 충진제의 표면 처리에 쓰이는 계면 결합제로서 아미노 실란 계통(chemical name; N-(N-(-Aminoetyl)-Aminopropyl-trimetoxy-Silane))을 사용하였다.

Ⅱ-2. 배합비의 설계

에폭시 수지의 전기적·물리적 특성은 수지, 경화제 그리고 충진제의 형태 및 경화 조건에 크게 의존하므로, 이 점을 고려하여 표 1과 같이 조성하여 시편을 제작하였다.

표 1. 배합비 및 경화 조건 [wt%]

Samples	Epoxy	Hardener	DY-040	Filler	Curing Condition
H70FN	100	70	10	0	▶1st Curing: 100 [℃] ×4 [hr] ▶2nd Curing: 140 [℃] ×10 [hr] ▶Deg. Curing: 140 [℃] ×240 [hr]
H100FN	100	100	10	0	
H130FN	100	130	10	0	
H100F60	100	100	10	60	
SH100F60	100	100	10	60	

Ⅱ-3. 실험 방법

22.9[kV/cm]의 전계로 5시간 동안 대전시킨 에폭시 복합체를 그림 1과 같이 구성된 TSC 측정 장치를 이용하여 전극의 직경이 20[mm]인 시편에 대해 형성 온도(T_f)를 115[℃]에서, 형성 시간(t_f)을 15[min.] 동안 형성 전계(E_f)를 10[kV/cm]로 하여, 승온 속도(β)를 5[℃/min.]로 올리면서 온도 범위 -160[℃]~200[℃]에서 TSC를 측정하였다.

Ⅲ. 실험 결과 및 검토

Ⅲ-1. 기본 시편의 형성 전계에 따른 TSC 스펙트라

그림 2는 2차 경화(140[℃]×10[hr]) 시킨 기본 시편에 대해 각각 5, 10, 30[kV/cm]의 전계로 형성한 일렉트렛트로부터 관측한 TSC 스펙트라 인데, 그림에서 볼 수 있는 것처럼 -100,

-40, 20, 100 및 130[℃]의 온도 부근에서 5개의 피크를 관측할 수 있었다. 유리 전이 온도(T_g) 이하의 피크들은 인가 전계의 크기에 비례하고 또한 각 피크들이 나타나는 온도 영역이 일정한 것으로 미루어 보아 쌍극자에 의한 완화형 피크 임을 암시하며, T_g 이상의 고온 측에서 나타나는 피크는 이오성 공간 전하에 의한 피크라고 여겨진다.

Ⅲ-2. 전기적 스트레스에 따른 TSC 스펙트라

그림 3, 4는 1차 경화(100[℃]×4[hr]) 및 2차 경화(140[℃]×10[hr]) 시킨 후 10[kV/cm]의 전계로 형성한 일렉트렛트로부터 관측한 TSC 스펙트라를 경화제 첨가량에 따라 나타낸 것인데, 그림에서 볼 수 있는 것처럼 H70FN 시료의 경우 -100, -40, 20, 100 및 130[℃]의 온도 부근에서 5개의 피크가 나타났고, 나머지 시료는 고온 측에서 나타나는 α 피크가 합쳐져서 복합적으로 나타났다. 전체적으로 유리 전이 온도(T_g) 이하의 저온 영역에서 관측되는 피크들의 진폭차는 뚜렷하지 않았는데, 이는 저온에서 나타나는 기들이 지속적인 전기적 응력에 의해 영향받기 때문으로 사료된다.

한편, 고온 측에서 나타나는 α 피크는 H130FN 시료의 경우 경화제를 과도하게 첨가하였을 때에는 경화 반응으로 인하여 분자 운동이 둔해지기 때문에 전기적 응력이 가해지지 않았을 때와 비교하면 오히려 피크의 진폭이 감소되는 경향을 나타내었다.

그림 5, 6은 1차 경화(100[℃]×4[hr]) 및 2차 경화(140[℃]×10[hr]) 시킨 후 10[kV/cm]의 전계로 형성한 일렉트렛트로부터 관측한 TSC 스펙트라를 비충진, 충진, 충진 및 계면 처리 등의 요소로 구분하여 도시한 것이다. T_g 이상의 고온 영역에서의 진폭의 크기가 H100F60 시편에 비해 SH100F60 시편이 감소되는데 이는 계면 결합제의 처리로 에폭시 주재와 충진제 사이에 존재하는 계면 부정을 개선시키기 때문으로 고려된다.

그림 7, 8은 장시간 경화(140[℃]×240[hr])시킨 경우인데, 고온 영역에서 진폭의 크기는 경화 시간이 길면 길수록 운동성이 저하되기 때문에 감소된 것으로 보여진다.

Ⅳ. 결 론

경화 조건을 변화시켜 구성한 산무수물 에폭시 복합체에 상온에서 22.9[kV/cm]의 전계로 5시간 동안 전기적 응력을 가한 후, 형성 온도(T_f)를 115[℃]에서, 형성 시간(t_f)을 15[min.]으로 하고 형성 전계(E_f)를 10[kV/cm]로 하여, 승온 속도(β)를 5[℃/min.]로 온도 범위 -160[℃]~200[℃]에서 TSC를 측정한 결과, 전체적으로 유리 전이 온도(T_g) 이하의 저온 영역에서 관측되는 피크들의 진폭차는 뚜렷하지 않았는데, 이는 저온에서 나타나는 기들이 지속적인 전기적 응력에 의해 영향받기 때문으로 사료되며, 고온 측에서 나타나는 α 피크는 H130FN 시료의 경우 경화제를 과도하게 첨가하였을 때에는 경화 반응으로 인하여 분자 운동이 둔해지기 때문에 전기적 응력이 가해지지 않았을 때와 비교하면 오히려 피크의 진폭이 감소되는 경향을 나타내었다. 한편, T_g 이상의 고온 영역에서의 진폭의 크기가 H100F60 시편에 비해 SH100F60 시편이 감소되는데 이는 계면 결합제의 처리로 에폭시 주재와 충진재 사이에 존재하는 계면 부정을 개선시키기 때문으로 고려된다. 장시간 경화(140[℃]×240[hr])시킨 경우, 고온 영역에서 진폭의 크기는 경화 시간이 길면 길수록 운동성이 저하되기 때문에 감소된 것으로 보여진다.

REFERENCE

[1] T. Kamon, H. Furukawa, "Curing Mechanisms and Mechanical Properties of Cured Epoxy Resins: Epoxy Resin and Composites Ⅳ, K. Dusek Edi.", Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, pp.173-202 (1986)

[2] J.V. Duffy and G.F. Lee, "The Effect of Steric Hinderance on Physical Properties in an Amine-Cured Epoxy", J.Appl.Poly.Sci., Vol.35, pp.1367-1375 (1988)

[3] R. Rygal et al., " The Influence of the Filler Characteristics on the Surface Resistivity of Epoxy Composition applied in SF Insulation System", Conf. Rec., 1992 IEEE Inter. Symp. Elec. Insul., Baltimore, U.S.A, Jun 7-10, pp. 279-282 (1992)

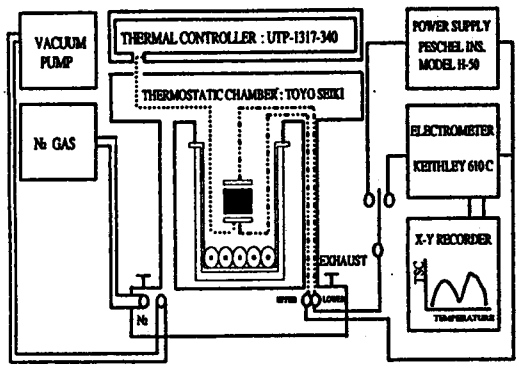

그림 1. TSC 측정 장치

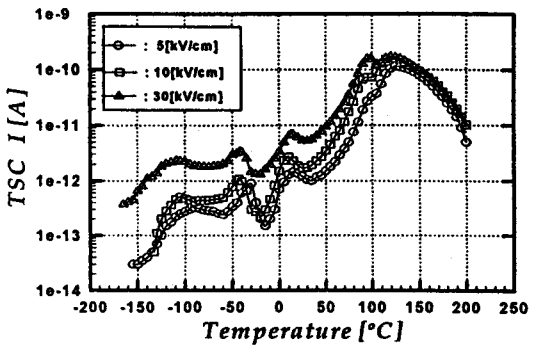

그림 2. 2차 경화 시킨 기본 시편(H100FN)의 형성 전계 의존성

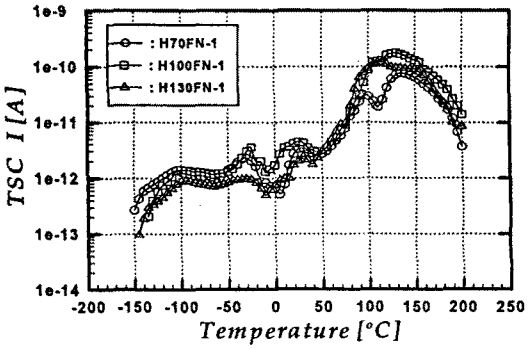

그림 3. 전기적 스트레스에 따른 1차 경화 시편의 TSC 스펙트라
(경화제 첨가량별)

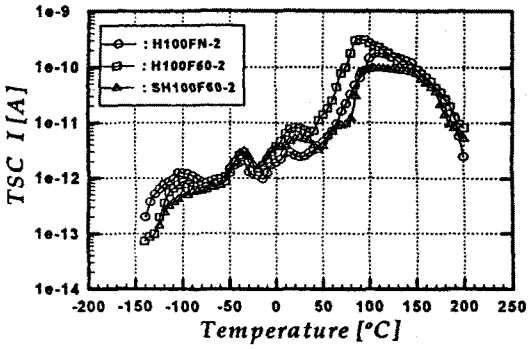

그림 6. 전기적 스트레스에 따른 2차 경화 시편의 TSC 스펙트라
(충진제 및 계면 결합제 첨가량별)

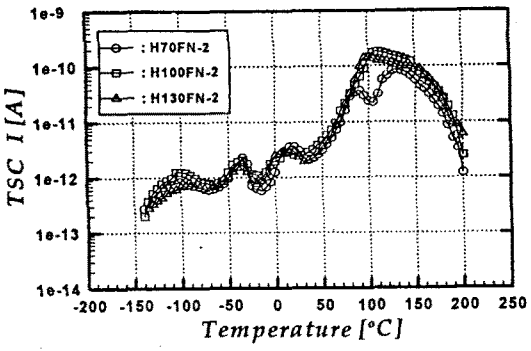

그림 4. 전기적 스트레스에 따른 2차 경화 시편의 TSC 스펙트라
(경화제 첨가량별)

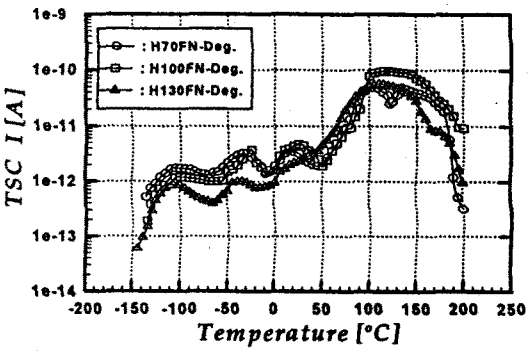

그림 7. 전기적 스트레스에 따른 장시간 경화 시편의 TSC 스펙트라
(경화제 첨가량별)

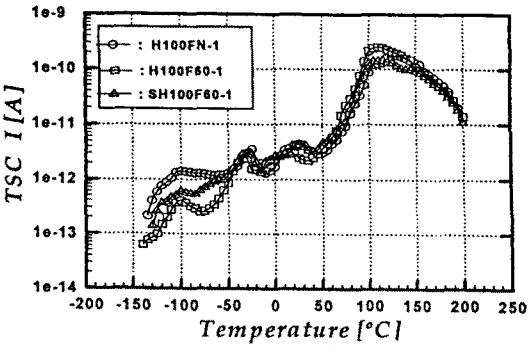

그림 5. 전기적 스트레스에 따른 1차 경화 시편의 TSC 스펙트라
(충진제 및 계면 결합제 첨가량별)

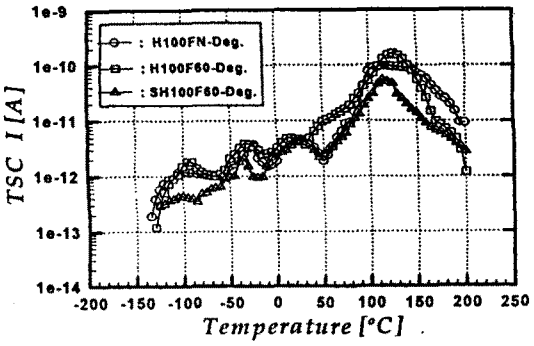

그림 8. 전기적 스트레스에 따른 장시간 경화 시편의 TSC 스펙트라
(충진제 및 계면 결합제 첨가량별)