

高温·多濕下에서의 複合材料의 誘電特性 및 機械的特性에 관한 研究

이종호, 이규철, 황영한, 김희대, 이태식, 박홍태*
- 울산대학교 전기공학과 -

A Study on the Dielectric Properties and Mechanical characteristics of Composit Materials due to the High-Temper, and - Humidity

Jong-Ho, Lee, Kyu-Chul, Lee, Yeong-Han, Hwang, Hea-Dae, Kim, Tae-Sik, Lee, Hong-Tae, Park*
- Dep. of Electrical Eng., University of Ulsan -

- ABSTRACT -

The paper presents the effects of environment on glass-cloth/epoxy composites exposed to humid air were investigated. Tests were performed at temperature 40°C and 70°C with the materials exposed to humid air at 76% and 90% relative humidity. This investigation surveyed include (a) the moisture absorption and desorption characteristics of single and multilayered composites exposed to steady and to transient ambients, and (b) the resulting changes in tensile strength, dielectric strength, $\tan \delta$ and ϵ_r , and the effects of environment in these parameters were assessed.

1. 서론

일반적으로 복합재료의 매트릭스로는 유기 고분자중에서도 점도, 경화시 수축, 경화의 요의성 및 경화후의 전기적, 열적, 화학적 측면에서 가장 안정되고, 접착력이 뛰어난 에폭시수지가 널리 사용되고 있다. 그러나 이러한 에폭시수지를 매트릭스로 한 복합재료에 있어, 에폭시수지는 친수성 관능기를 가지고 있으므로 다습하에서 습기를 흡수하는 성질이 있고, 특히 고온에서의 열적 분해현상과 고온 다습하에서의 전기적 절연특성 및 기계적 인장특성이 현저하게 변화한다고 알려져 있다.[1,2] 그러므로 위와 같은 문제점을 명확하게 규명하고 또한 절연체의 주위환경 변화에 따른 전기적 특성 및 기계적 특성 시험을 행하여 이러한 결과를 정밀 분석 검토함으로써 복합재료의 신뢰성을 높일 수 있다.[3,4]

본 연구에서는 복합재료중에 가장 광범위하게 사용되고 있는 유리섬유강화 복합재료를 사용하여 주위 환경열화에 따른 절연평가와 신뢰성을 향상시키기 위한 목적으로 현재 전기기기 및 극저온기기의 절연재료로 사용되고 있는 유리섬유강화 복합재료와 기존재료의 문제점을 보완한 유리섬유강화 복합재료를 제작하여 고온에서의 흡습량을 변화시켰을 때와 흡습시료를 건조시켰을 때 즉, 탈흡습시료의 유전 특성, 절연강도특성 및 기계적특성을 측정하여, 분석 검토

함으로써 흡습된 복합재료의 절연평가 및 흡습기구를 규명하고자 한다.

2. 시료제작 및 실험종류

2-1. 시료제작

본 연구에 사용되어진 Glass-cloth/Epoxy 복합재료의 필라는 E종 평직유리(Plain weave glass cloth, WEA 116 E107, 原反社:Japan)을 사용하였다. 그리고 유리조직의 층간 조합형태는 각 층의 조직과 같은 방향으로 하였다. 이러한 유리섬유를 350°C로 유지된 전기로내에서 약 1시간 표면의 유기물질 및 이물질을 제거하고, 표면에 에폭시계 실란 결합제(epoxy silane coupling agent, SS10, Chiso Co.)로서 처리한다. 이때, 실란 결합제의 알코올 용액에 대한 퍼센타이지는 다년간 연구해온 결과에서 얻어진 0.3%를 사용하였다. 즉, 전기로에서 표면처리된 유리섬유를 0.3% 실란 결합제에 함침시킨 후, 진공시스템(10^{-3} torr, 주위온도 : 100°C)내에서 약 10분간 함침 건조시킨다. 다음, 표면처리가 끝난 유리섬유를 상온에서 1차적으로 보이드가 제거된 에폭시 수지(Stycast 1266:Japan)에 함침하여 진공시스템내에서 약 30분간 2차적으로 보이드를 완전히 제거시켜, 본 연구실에서 제작한 시료제작장치를 이용하여 에폭시 수지의 겔화점[5] 부근에서 예서 약 0.5(Mpa)로 가압하여 상온에서 48시간 1차 경화시켰다. 1차 경화가 끝난 시편을 다시 약 90°C에서 약 2시간 다시 2차 경화를 행하였다. 그리고 2차 경화 및 경화시키지 않은 시편을 본 연구실에서 제작한 고온 다습장치(주위온도 40°C: 상대습도 76%, 주위온도 70°C: 상대습도 90%)를 이용하여 시간에 따른 흡습율이 다른 시편을 각각 제작하였다. 또, 장시간후에 흡습량이 포화된 시료로서 건조시간에 따른 탈 흡습율의 시편을 제작하였다.

2-2. 실험종류

1차 및 2차 경화가 끝난 시료를 본 연구실에서 제작한 고온 다습장치를 이용하여 시간에 따른 흡습률이 다른 시편으로 다음과 같은 실험을 행하였다.

- 1) 시간에 따른 흡습량의 변화특성 측정
- 2) 포화흡수된 시편의 건조시간에 따른 탈 흡습량의 변화 특성 측정
- 3) 흡습시간에 따른 $\tan \delta$ 및 ϵ_r 특성 측정
- 4) 흡습시간에 따른 교류 및 직류 절연강도 특성 측정
- 5) 흡습시간에 따른 인장강도 특성 측정
- 6) 탈 흡습시간에 따른 $\tan \delta$ 및 ϵ_r 특성 측정
- 7) 탈 흡습시간에 따른 교류 및 직류 절연강도 특성 측정
- 8) 탈 흡습시간에 따른 인장강도 특성 측정
- 9) 절연파괴 및 인장파단면의 특성 관찰(SEM)
- 10) 흡습시료의 IR 특성 측정
- 11) 흡습시료의 내부구조 관찰(편광 및 광학 현미경)

3. 실험결과 및 고찰

그림 1은 복합재료의 흡습시간에 따른 흡습량의 변화특성을 나타내고 있다. 그림에서 UT는 2차 경화하지 않은 시편을 의미하고, HT는 2차 경화를 행한 시편을 나타내고 있다. 그림에서 알 수 있듯이 2차 경화된 시료가 경화시키지 않은 시료보다 흡습률이 높게 나타남을 알 수 있고, 주위온도가 높을 수록 흡습률이 많음을 알 수 있다. 그리고 주위온도가 70 °C인 경우를 살펴보면, 2차 경화된 시편은 약 24시간에서 포화상태에 이르고, 2차 경화를 행하지 않은 시편은 약 18시간에서 포화상태에 도달함을 알 수 있다. 한편, 주위온도가 40°C인 시편은 시간이 36시간이 되어도 계속적으로 흡습률이 증가함을 알 수 있다.

그림 2는 주위온도 70°C에서 복합재료의 포화된 시편을 전기로내에 장착하여 건조시간에 따른 탈 흡습량의 변화를 나타내고 있다. 그림에서 2차 경화된 시편의 경우에는 건조시간에 따라 탈 흡습량의 변화는 지수함수적으로 감소함을 알 수 있고, 장시간이 되어도 완전하게 습기가 없어 지지 않음을 알 수 있다. 그러나 2차 경화를 행하지 않은 시편은 약 18시간 이후부터 완전 탈 흡습되어 오히려 본래의 복합재료내의 수분까지 빠져나가 체적이 줄어들음을 알 수 있다. 즉 이러한 현상은 미경화 시료가 70°C에서 탈 흡습과정에서 흡수된 수분이 증발하는 동시에 복합재료를 형성하고 있는 에폭시 수지내의 미반응기의 활발한 반응이 일어나 매트릭스내에 3차원적 망목상의 가교구조가 증가하고 더불어 체적이 감소함으로써 나타나는 현상인 것으로 생각된다.

그림 3은 복합재료의 수분 흡습시간에 따른 $\tan \delta$ 및 ϵ_r 특성을 나타내고 있다. 그림에서 주위온도가 70°C인 $\tan \delta$ 특성은 시료에 관계없이 일정 시간후에 최고치를 나타낸 후, 서서히 감소하는 특성을 나타내고 있다. 즉 경화시료에서는 18시간, 미경화 시료에서는 12시간에서 최고치를 나타내고 있다. 이러한 이유는 복합재료내에 수분의 흡습률이 증가하는 과정에서는 흡수된 수분의 영향으로 $\tan \delta$ 값이 커지는 것으로 생각되고, 흡습률이 포화된 상태 이후에는 시료내에 흡수된 수분이 고루 분포되어 오히려 전계를 어느정도 완화시켜 줌으로서 $\tan \delta$ 값이 서서히 감소하는 것으로 생각된다. 그러나 일정치에 도달한 이후에는 더이상 감소하지 않음을 보여주고 있다. 그리고 주위온도 40°C인 $\tan \delta$ 특성은 흡습시간과 더불어 $\tan \delta$ 값이 서서히 증가하는 경향을 보이고 있다. 이 시편도 흡습시간이 장시간화 되면 주위온도가 70°C인 시료와 같은 특성을 가질 것으로 생각된다.

한편, ϵ_r 특성은 흡습시간 및 시료종류에 상관없이 거의 일정한 특성을 나타내고 있으며, 그 범위는 대략 5.0 - 6.0 임을 알 수 있다.

- 참고 문헌 -

- [1] 大石直四郎, 外, "エポキシ樹脂" 日刊工業新聞社, 1970
- [2] H. Lee, and K. Neviel, "Epoxy Resin" McGraw-Hill Co., 1957
- [3] B.A. Proctor, et, "Glass Fiber for Cement Reinforcement" Phil. Trans. Roy. Soc., London, A294, pp.427-463, 1980
- [4] G.S. Springer, "Environmental Effect on Composite materials" Technomic Pub., 1981
- [5] J. Hognat, "Dynamic Thermomechanical Analysis of a Prepreg-Application to Industrial Curing" Fib. Sci. and Technol., Vol.18, pp.109-118, 1983

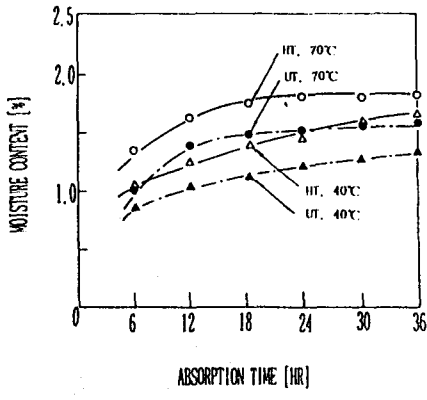


그림 1. 흡습시간에 따른 흡습량의 변화특성

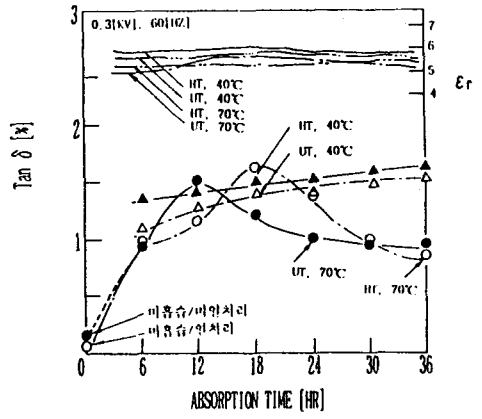


그림 3. 흡습시간에 따른 $\tan \delta$ 및 ϵ_r 특성

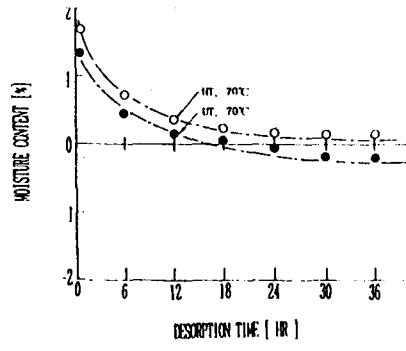


그림 2. 건조시간에 따른 탈 흡습량의 변화특성