

내열성 에폭시 수지의 제작조건과 전기적 절연특성에 관한 연구

안영주, 광영순, 조정수, 최세원, 이종호  
(부산대학교)

A Study on the Dielectric Properties and Fabrication Conditions  
of Thermo-Setting Epoxy Resin

Young-Joo An, Young-Soon Kwak, Jeong-Soo Cho, Se-Won Choi, Jong-Ho Lee  
(Pusan National University)

Abstract - This paper is to investigate dielectric properties, dielectric breakdown strength, varying of interior organization and gelling point temperature as parameter of post-cure conditions of thermo-setting epoxy resin.

1. 서론

최근 고분자 절연물중 점도, 경화시의 수축, 경화의 용이성 및 경화후의 전기적, 열적 및 화학적 측면에서 우수한 성질을 가지고 있는 에폭시 수지가 각종 전기기기의 절연물로 널리 이용되고 있으며, 또한, 복합재료의 매트릭스로서도 각광을 받고 있다. 특히, 에폭시 수지는 제작조건 즉, 주재와 경화제의 혼합비, 초기 경화후의 후기 경화조건(온도, 시간) 등이 전기적 및 기계적특성에 커다란 영향을 미치고 있으므로<sup>1)</sup> 이에 관한 연구가 절실히 필요하며, 또한 이에 관한 체계적인 제작과정이 명확하게 확립되어야 한다.

본 연구에서는 케이를 에드몰드, 데형회전기 및 발전기 권선의 함침용으로 주로 사용되며, 앞으로 고온 복합절연재료의 매트릭스로서 각광을 받고 있는 열경화성 에폭시 수지를 이용하여 주재와 경화제의 혼합비 및 경화조건에 따른 에폭시 수지 내부의 발열반응 온도특성, 겔화온도 변화특성 및 경화조건에 따른 에폭시 수지 내부구조변화 등을 연구하고, 또한, 가압 겔화법에 따른 시료 제작을 하여 유전적특성 및 전기적 절연강도특성을 연구함으로써 전기기기 및 복합재료에 에폭시 수지를 적용할 시 최적의 제작조건을 규명하고자 한다.

2. 시료 제작 및 실험방법

2-1. 시료 제작

본 연구에서 사용되었던 에폭시 수지는 고온 경화용 에폭시 수지(seoul epikote MF#1)로서 비스페놀 A (Bisphenol A) 1분자와 에피클로로히드린(Epichlorohydrin) 2분자와의 축합반응으로 생성된 비스페놀 A의

디글리시딜 에테르(diglycidyle ether of bisphenol A)이며, 경화제로서는 산 무수물(acid anhydride : MNA) 계를 사용하였다.

본 연구에 사용되었던 시료 제작을 간략하게 서술하면 다음과 같다. 먼저 에폭시 수지의 주재와 경화제의 비율을 각각 100:1, 100:2, 100:4 및 100:6으로 혼합한 후, 주위온도가 60°C로 고정된 진공장치(진공도  $10^{-3}$  torr) 내에서 에폭시 수지내의 기포를 완전히 제거한 후, 가압 겔화법에 따라 두께 100 $\mu$ m의 에폭시 수지 필름을 제작하였다.

2-2. 실험방법

진공장치내부에서 에폭시 수지 내의 기포를 완전히 제거한 에폭시 수지와 가압 겔화법에 따라 제작된 시료로서 다음과 같은 실험을 행하였다.

- 1)  $Tan\delta$ ,  $\epsilon$  특성
- 2) 에폭시 수지내의 발열반응 온도특성
- 3) 주위온도와 제작조건에 따른 에폭시 수지의 체적저항 변화특성
- 4) 절연강도특성

3. 실험결과 및 고찰

그림1과 그림2는 내열성 에폭시 수지의 주재 및 경화제의 혼합비그리고 경화온도에 따른 체적저항 변화곡선을 나타내고 있다. 이그림에서 주재 및 경화제의 혼합비가 클수록 그리고 경화온도가 높을수록 에폭시 수지의 체적저항은 짧은 시간에서 급격히 상승하고 있음을 알 수 있다. 이러한 경향은 주위온도가 높을수록 그리고 경화제 촉매가 많아질수록 에폭시 수지의 개환반응이 빨라지고, 반응성 관능기가 많아지므로 급격하게 경화반응을 일으키므로서 생겨나는 현상인 것으로 생각된다.

그림3은 내열성 에폭시 수지의 경화반응시에 주위온도(경화온도)에 따른 에폭시 수지 내부의 발열반응 온도특성

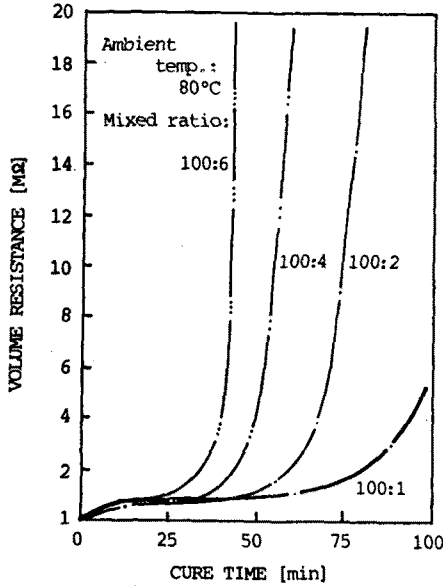


그림 1. 에폭시 수지의 경화시간 - 체적저항특성  
(주위온도: 80°C, 혼합비: 100:6, 100:4, 100:2, 100:1)

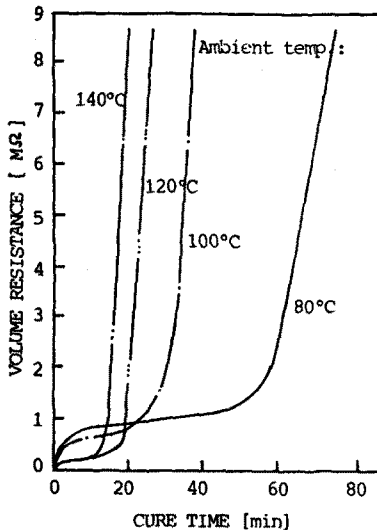


그림 2. 에폭시 수지의 경화시간 - 체적저항특성  
(주위온도 : 140°C, 120°C, 100°C, 80°C)

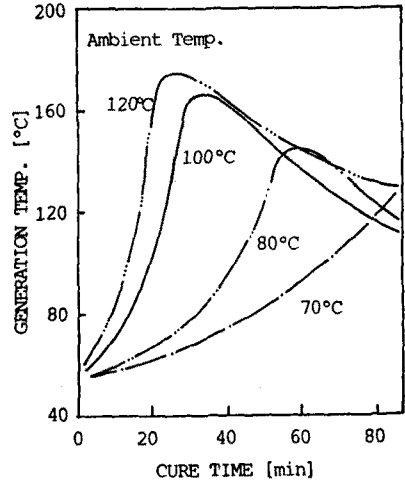


그림 3. 에폭시 수지의 경화시간 - 발열반응온도  
(주위온도: 120°C, 100°C, 80°C, 70°C)

을 나타내고 있다. 이 그림에서 주위온도가 높을 수록 에폭시 수지 내부의 발열반응 온도가 높고, 또한, 최대 발열반응온도가 나타나는 시간이 짧아짐을 알 수 있다. 이러한 경향은 주위온도를 높이면 단시간에 에폭시 수지를 경화시킬 수 있음을 암시하고 있다. 그러나 이러한 급격한 발열반응은 경제적인 측면에서 시간절약을 가져올 수는 있으나, 전기적인 측면에서는 에폭시 수지의 내부구조의 급격한 응축을 가져와 오히려 전기절연을 약화시킬 우려가 있으므로 되도록이면 낮은 온도에서 경화반응을 시켜 에폭시 수지 내부구조를 치밀하고, 가공도가 높게 제작하는 것이 좋을 것으로 생각된다. 즉 최적의 경화조건은 전기적 및 기계적특성시험 후, 경제적인 측면을 고려하여 판정해야 할 것이다.

4. 결 론

에폭시 수지의 주체와 경화제의 혼합비가 클수록, 경화온도가 높을 수록 경화반응의 시간은 단축시킬수는 있으나, 에폭시 수지 내부 분자결합상태에 심각한 변화를 가져온다. 즉 혼합비가 클수록 혹은 경화온도가 높을 수록 에폭시 수지의 급격한 경화반응을 가져오므로서 에폭시수지 내의 망상구조상에 많은 결함을 가져오고, 경화제가 과잉 투입되었을 때, 여분의 경화제가 오히려 에폭시 수지 내의 불순물로 작용하므로서 전기적 및 기계적특성을 약화시키는 것으로 생각된다.

- Reference -

1. H.Lee, K.Neville, "Epoxy Resin" McGraw-Hill Co. 1957
2. T.Takahama, O.Hayashi, : J. of Appl. Sci., Vol.26 pp. 2211 -2220, 1981