

초전도체 절연용 재료의 전기적 절연특성과 개발에 관한 연구(1)

- 복합재료의 매트릭스에 대하여 -

곽영순 · 조정수 · 김종경 · 최세원 · 이규철 · 이종호
(부산대학교 전기공학부) (울산대학교 전기공학부)

A Study on the Development and Dielectric Properties of Insulating
Materials for Super-Conductor - For Matrix of Composite Materials -

Kwak, Young-Soon . Cho, Jung-Soo . Kim, Jong-Kyung . Choi, Se-Won . Lee, Kyu-Chol . Lee, Jong-Ho
(Pusan National Univ. Electrical Eng.) (Ulsan Univ. Electrical Eng.)

1. 서론

최근 신소재로 등장한 유리섬유강화(Glass Fiber Reinforced Plastics: GFRP) 복합재료는 구조재로서 뿐만 아니라 전기, 전자분야 특히, 최근 급증은 하의 구조재 및 절연재료로서 훌륭한 특성을 나타내어 차세대 산업 기반재료로서 설계와 제작기술 및 특성 개선에 관한 연구가 국내외의 학계 및 산업계에서 활발하게 진행중¹⁻⁴⁾에 있다.

일반적으로 복합재료에 있어서, 많은 연구자들은 기계적 및 전기적특성에 가장 큰 영향을 미치는 인자로서 첫번째로 무기재료와 유기재료와의 경계면의 결합력 두번째로 함침기술에 따르는 복합재료의 매트릭스 내부의 미세보이드 및 경계면상에 형성되는 마이크로 보이드 세번째로 유리섬유 자체가 함유하고 있는 미세 보이드 등을 지적하고 있다. 이러한 문제점에 있어서, 유리섬유가 함유하고 있는 미세보이드의 제거는 극히 어려운 상태이므로 많은 연구자^{5,6)}들은 무기재료와 유기재료와의 경계면 처리 기술 및 함침에 따르는 복합재료의 매트릭스 내부와 경계면에서의 보이드 제거에 따르는 제반특성을 측정 분석함으로써 복합재료의 설계와 제작기술 및 특성개선을 모색하고 있다.

본 연구에서는 복합재료를 구성하고 있는 필라와 매트릭스의 복합적인 연구에 앞서 같은 조건하(경계면 처리 기술, 함침 기술)에서 매트릭스 측면으로 복합재료의 특성개선을 향상시키기 위한 일환으로 매트릭스의 최적 경화 조건(1차 경화, 2차 경화) 및 경화방법(일반적인 방법, 단단법)에 따른 매트릭스의 물리적성질, 전기적인특성 및 기계적특성을 분석 검토함으로써 매트릭스의 최적상태를

규명함으로써 차후 복합재료 "제작에 있어서 기초 데이터를 축적하고자 한다.

2. 시료제작 및 실험방법

본 연구에 사용되어진 복합재료의 매트릭스로는 비스페놀 A 계열인 내열성 에폭시 수지이며, 시료 제작 및 실험방법은 그림 1에 나타내었다.

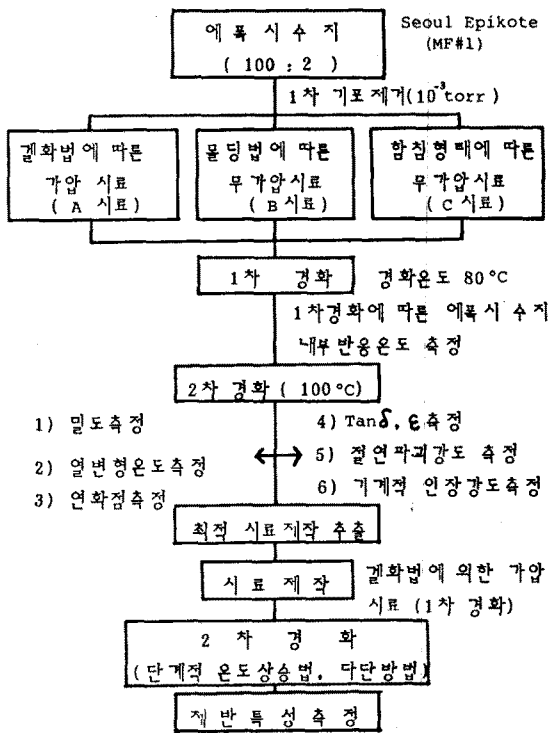


그림 1. 시료제작 및 실험방법의 흐름도

3. 실험결과 및 고찰

그림 2는 에폭시 수지의 필름제작조건에 따른 1차 경화시간과 에폭시 수지 내부 반응온도와의 관계를 나타내고 있다. 이때 1차 경화온도는 80°C로 일정하게 하였다. 이 그림에서 알 수 있듯이 함침형태로 제작되어 지는 시료(C 시료)의 내부 반응온도가 약 40분 정도에서 급격히 증가하고 그때의 최고 반응온도는 150°C 에 이르고 있다. 그러나 가압 결화법 및 물딩형태로 제작되어 지는 A 시료와 B 시료의 내부 반응온도는 약간 증가한 후, 즉 A 시료는 1°C 정도, B 시료는 약 5°C 증가한 후 곧 정상온도(80°C)로 유지된 다음 경화가 진행됨을 알 수 있다. 이러한 1차 경화시에 에폭시 수지 내부의 반응온도가 에폭시 수지의 본자결합상태에 커다란 영향을 미치게 될 것이며, 또한 에폭시 수지의 물성변화와 전기적, 기계적특성에도 커다란 영향을 미칠 것으로 생각된다.

그림 3은 에폭시 수지의 필름제작조건에 따른 $Tan\delta$ 과 2차 경화시간과의 관계를 나타내고 있다. 이 그림에서 알 수 있듯이 2차 경화시간에 따른 $Tan\delta$ 특성은 시료의 종류에 상관없이 약 10시간 전 후로 하여 초기에는 약간 증가하는 경향을 보인 후, 점차적으로 감소해감을 보인다. 그리고 A 시료와 B 시료는 2차 경화 시간이 약 40시간 이후부터 조금씩 증가하는 경향을 나타내고, C 시료는 약 35시간 이후부터 점차적으로 증가하는 경향을 보인다. 즉 이러한 이유는 2차 경화시간이 짧은 경우에는 에폭시 수지 내부에 아직 반응을 하지 못한 미반응기가 남아 있기 때문에 이러한 미반응기의 영향으로 인하여 $Tan\delta$ 값이 증가하는 경향을 보이고, 2차 경화 시간이 장시간화됨으로서 오히려 에폭시 수지 자체의 열 열화로 인하여 $Tan\delta$ 값이 점차적으로 증가하는 것으로 생각된다. 특히, 이 그림에서 2차 경화시간에 따른 $Tan\delta$ 특성은 가압결화법으로 제작한 시료가 물딩법 및 함침형태로 제작한 시료보다 우수함을 알 수 있다. 한편, 에폭시 수지의 ϵ 특성은 2차 경화 시간에 거의 상관없이 일정한 값으로 나타나며, 이때 ϵ 값은 2.9 - 3.5 정도이다.

그림 4는 에폭시 수지의 필름제작조건에 따른 체적저항의 변화와 2차 경화 시간과의 관계를 나타내고 있다. 이 그림에서 볼 수 있듯이 2차 경화 시간에 따른 체적저

항의 변화는 I, II 및 III구간으로 나누어 해석할 수 있다. 즉, I구간은 에폭시 수지내의 미반응기에 의한 전자 이동이 미세하게 나타내기 때문에 체적저항값이 약간 감소하는 경향을 나타내고, II구간은 2차 경화가 진행됨에 따라 에폭시 내부의 미반응기가 점차적으로 감소하고, 또한, 본자간의 결합력이 강해지고, 망목상의 구조가 형성되어지므로써 본자쇄의 세그먼트 운동이 억제되어지고, 전도전자의 이동이 거의 없어지므로써 체적저항값이 점차적으로 증가하는 경향을 보인다. 그러나 III구간에서는 에폭시 수지의 2차 경화가 장시간화 됨에 따라 에폭시 수지 자체의 열 열화로 인하여 본자간의 결합력이 약해지고, 망목상 구조내에 결함들이 생겨남으로서 체적저항 값은 점차적으로 감소해나가는 것으로 생각된다.

4. 결 론

에폭시 수지의 1차 경화상태의 방법에 있어, 1차 경화시에 에폭시 수지 내부의 반응온도가 에폭시 수지의 물성, 전기적특성 및 기계적특성에 커다란 영향을 미치고 있음을 알 수 있다. 즉, 시료제작시에 에폭시 수지 내부의 반응온도를 최대한 억제 시킴으로서 우수한 시료가 제작됨을 알 수 있다. 실험결과 가압 결화법으로 제작된 시료가 내부 반응 온도가 가장 낮게 나타났고, 양호한 제반특성을 나타내었다. 그리고 2차 경화 방법은 다만 2차 경화 방법을 채택하므로써 일반적인 2차 경화방법보다 더욱 우수한 제반특성을 가진 시료를 제작할 수 있었다.

5. 참 고 문 헌

- 1) 川谷建蔵 "工本低GFRPの極低損失化" ENI-83-104, pp.72-82, (1983)
- 2) M.Hara, C.H.Park, T.Kaneko and M.Akazaki, " Dielectric Strength of PET and GFRP under Mechanical Stresses at Room and Cryogenic Temperature" 4th Inter. Sympo. on High Voltage Eng. Greece, paper No.23-04, (1983)
- 3) C.H.Park, " A Study of the Dielectric and Mechanical Property Interaction of Glass-Cloth/Epoxy Composites" IEEE, Vol.EI-22, No.4, pp.389-395, (1987)
- 4) H.Ishida and J.L.Koenig, " The Reinforcement Mechanism of Fiber-Glass Reinforced Plastic under Wet Condition : A Review " Poly. Eng. and Sci., Vol.18, No.2, pp.128-145, (1978)

- 5) Lawrence J. Broutman and Richard H.Krock,
 " Interface in Polymer Matrix Composites "
 Composite Materials, Vol.6, Akademic Press,
 New York & London, (1974)
- 6) 재료기술연구협회 편집위원회 편, " 복합재료와 계면 "
 통합기술출판(일본), (1986)

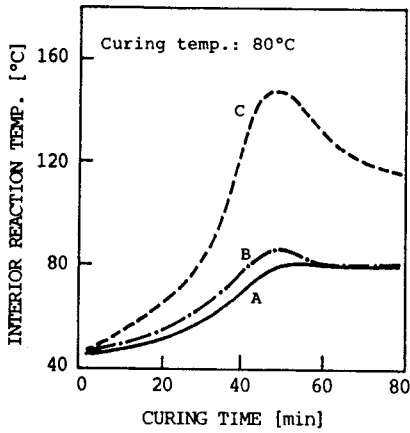


그림 2. 에폭시 수지의 필름 제작조건에 따른 경화시간과 내부반응 온도와의 관계

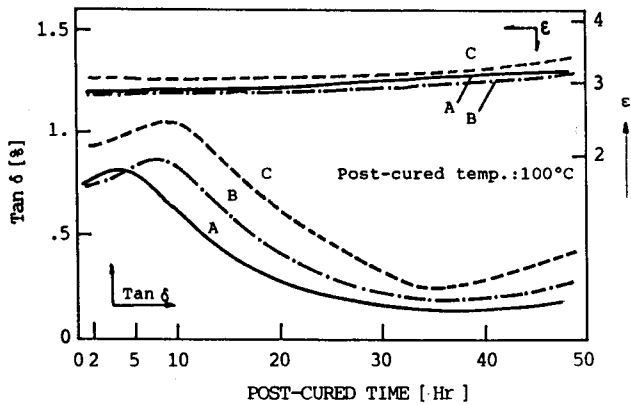


그림 3. 에폭시 수지의 필름 제작조건에 따른 $\tan \delta$, ϵ 과 2차 경화시간과의 관계

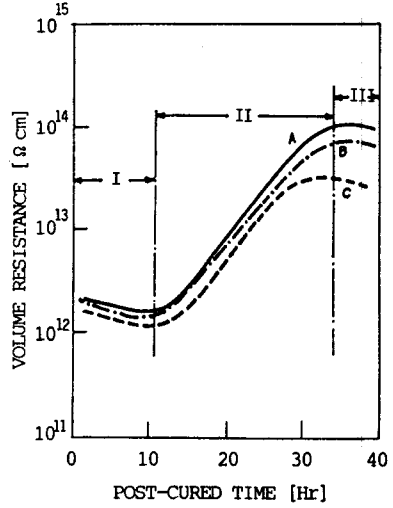


그림 4. 에폭시 수지의 필름 제작조건에 따른 체적저항 변화와 2차 경화시간과의 관계