

유리 섬유 강화 복합재료의 유전 특성에 관한 연구

이 백 수^o, 황 명 환^o, 김 진 식^o, 조 기 선^o, 육 재 호^o, 이 덕 출^o
· 인하대학교, ** 국립공업기술품질원, *** 국방과학연구소, # 유한전문대학교

A Study on the Dielectric Properties of Glass Fiber-Reinforced Plastic Composites

B. S. Lee^o, M. W. Whang^o, J. S. Kim^o, G. S. Cho^o, J. H. Yuk^o, D. C. Lee^o
* Inha Univ., ** National Institute of Technology and Quality
YuHan Junior Col., *** Agency for Defense Development

ABSTRACT

In this study, epoxidized bisphenolic resins laminated with glass fiber mat(GFRP) are investigated on surface, bulk aspect and dielectric constant(ϵ' and ϵ'') vs. frequency characteristics with temperature. The investigation shows the different characteristics accordig to the attachments of fiber surface, filler content, matrix properties, and the others.

Especially, dielectric properties of this sample are highly increased above 100°C and decreased with the rise of frequency. There is a resonance at the high frequency region (1MHz~10MHz). So, dielectric properties show the shift with frequency and temperature.

Dielectric properties of EGL 10 are higher than those of EGL 40 with the frequency. Generally, dielectric properties of EGL 10 are more unstable than those of EGL 40 on the shift of frequency and temperature.

1. 서 론

최근에 사용되는 복합재료(Fiber-Reinforced Plastic)는 구조재로서 뿐만아니라 전기 및 전자분야의 절연재료로서도 훌륭한 특성을 나타내고, 기존에 사용되어 오던 금속재료에 비해서 무엇보다도 높은 경량성 및 비강도와 비강성을 갖는다. 특히, 전기·전자재료로서 절연특성 및 유전특성이 우수하므로 기기의 절연재료, 회로기판, 차단기 절연재료, 및 케이블, 음향기기 등에 널리 사용되고 있다. 그러므로 이들재료의 물리·화학적특성에 기초한 표면 및 전기적인 물성 등을 연구 실험하므로써, 그 사용과 응용면에서 보다 효과적인 결과를 얻을 수 있겠다.

그러나 복합재료를 구성하고 있는 매트릭스의 물성특성, 특히, 필라와 매트릭스 사이의 계면의 구조와 성질은 복합재료의 기계적 및 전기적특성을 좌우하는 가장 주요

한 인자로 나타나고, 또한 전기적인 측면에서 필라와 매트릭스 사이의 미세 보이드, 계면박리현상, 및 계면 결합제처리등에서 절연강도의 저하 및 유전율·유전 손실 증가등을 초래하게 된다. 따라서 유리섬유강화 복합재료에 대한 조사는 이러한 문제점에 초점을 맞추어 진행한다.

본 연구에서는 filler로는 유리직물섬유(fiber ma), matrix로는 에폭시 비스페놀 계통수지를 적층 제작한 시료를 표면과 단면에 대해 주사형 전자 현미경(SEM)사진을 통해 조사하고, 또한 전기적으로는 온도와 주파수 변화에 따른 유전특성에 대해 조건을 변화하며 측정하였다.

2. 실험 및 결과

본 실험에서 사용된 시료는 성원전기(주)에서 제작된 유리섬유강화 복합재료로서 filler로는 유리직물섬유(fiber mat), 경화제로는 DMF, DICY, Imidasole, 톨루엔등을 적정량 섞어 제작한 것으로 정확한 구성 비율 및 물질은 제작사의 노하우에 관련되어 알려져 있지 않다. matrix로는 에폭시 비스페놀 계통수지를 사용하여 열 press방법으로 적층 제작한 Epoxy glass laminate로서, EGL 10, EGL 40 각각 두 시료에 대해 표면과 단면을 세정한 후, 주사형 전자 현미경 사진을 촬영하였다.

그림 1의 (a), (b)는 EGL 10과 EGL 40의 각각의 bulk 상태에 대한 SEM사진으로서, EGL 10이 EGL 40보다 함침의 정도에서 유리섬유(filler)의 비율이 훨씬 높은 것을 알 수 있었으며, matrix와 filler사이의 계면에 있어서는 EGL 40이 EGL 10보다 현저히 보이드(Void)가 적은 것을 알 수 있었다. 즉, EGL 10은 matrix가 유리섬유와의 계면에 고루스며들지 않음으로 인하여 EGL 40에 비하여 상대적으로 훨씬 높은 비율의 보이드를 내재하고 있는 것을 알 수 있다. 이는 적절히 모두 표면처리를 한 유리섬유에 대해 시료를 제작시, 유리섬유의 함침정도가 다른 두 sample을 열press 방법으로 충분히 압력을 가하지 않은

상태로 제작되었기 때문에, 구성이 다른 두 시료를 서로 다른 조건으로의 제작이 이루어 지지 못했기 때문인 것으로 생각된다. 즉, 그림에서 알 수 있는 것과 같이 유리섬유의 틈사이의 함침 정도의 차이가 EGL 40은 어느 정도 적절히 계면에 함침이 이루어졌지만, EGL 10은 유리섬유 내부에 거의 함침이 이루어 지지 않은 상태로 거대한 보이드(void)가 내제되어 있는 것을 알 수 있다.



(a) Epoxy glass laminate(EGL) 10

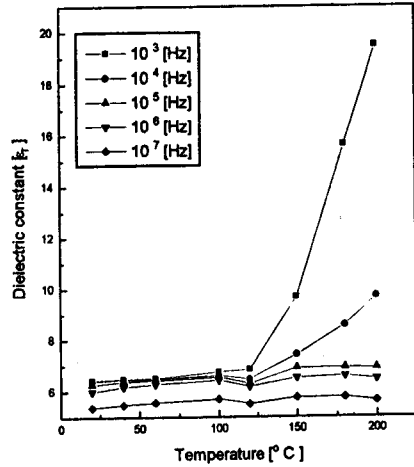


(b) Epoxy glass laminate(EGL) 40

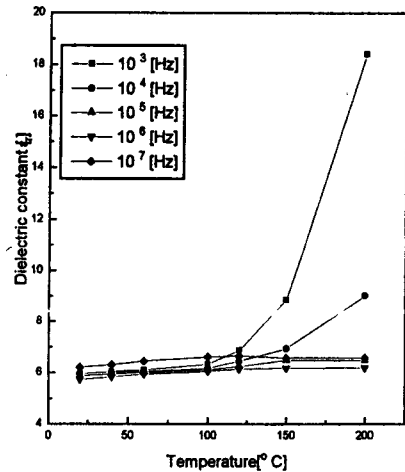
그림 1. EGL 10과 EGL 40 계면에 대한 주사형 전자 현미경 사진

Fig. 1. SEM photograph on epoxy glass laminate (EGL) 10 and epoxy glass laminate(EGL) 40 on the interface

유전율 및 유전손을 측정하기 위하여 시료에 적합한 원형의 마스크를 제작하여, 시으로 진공증착하고 실버페스트로 리드선을 끌어낸 후, 일정 시간 건조시킨 후 항온



(a) Epoxy glass laminate(EGL) 10



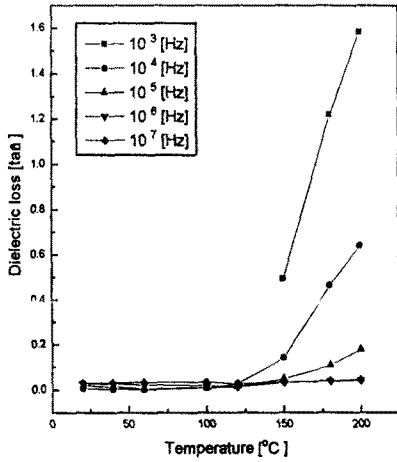
(b) Epoxy glass laminate(EGL) 40

그림 2. 온도·주파수 변화에 따른 유전율 특성

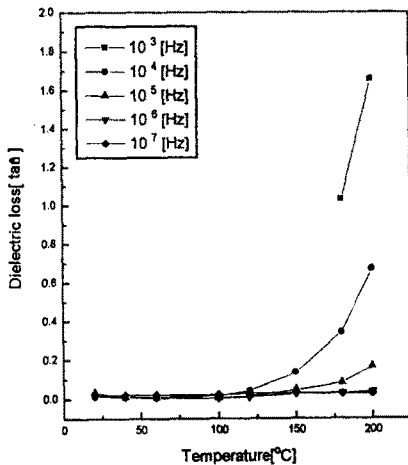
Fig. 2. The dielectric constant for the shift of frequency vs. temperature

조에 넣고 임피던스 어날라이저(Hewlett Packard 4192A)에 연결하여 실험을 행하였다. 그림 2는 온도(상온~200℃)와 주파수 변화($10^3\text{Hz} \sim 10^7\text{Hz}$)에 따른 EGL 10과 EGL 40의 유전율 특성을 조사한 것으로서, EGL 10이 EGL 40보다 상온에서 약간 높은 유전율을 나타내고 있으며 온도 상승에 따른 변화는 EGL 10이 EGL 40보다도 전체적으로 훨씬 불안정하게 변화하는 것을 알 수 있다. EGL 40은 100℃이하에서는 주파수 변화에 따른 변화는 거의 없었으나 물리적인 전이가 일어난 것으로 생각되는 100℃이상에서는 크게 변화하는 것을 알 수 있으며 주파수 증가에 따른 유전율이 점차적으로 감소하는 것을 알 수 있다. 이에 대하여 EGL 10의 유전특성은 온도변화 뿐만 아니라 주파수변화에 대한 특성이 상당히 불안정하게 나타나

고 있는 것을 알 수 있었다. 이는 가장 궁극적으로 계면 상태의 불량에 기인되어 나타나는 특성으로 생각되었다.



(a) Epoxy glass laminate(EGL) 10



(b) Epoxy glass laminate(EGL) 40

그림 3. 온도·주파수 변화에 따른 유전율 특성
Fig. 3. The dielectric constant for the shift of frequency vs. temperature

그림 3은 같은 조건하에서의 유전손 특성을 측정한 것이다. 이 역시 온도변화와 주파수변화에 따른 값의 변화를 본 것으로서 120°C까지의 유전손 특성은 전체적으로 두 시료 모두 안정된 값을 취하고 있으나, EGL 40이 주파수 변화에 따른 특성이 EGL 10보다 좀 더 안정적인 것으로 나타나고 있다. 120°C 이상의 특성은 상당히 불안정하게 나타나고 있으며, 주파수의 증가에 따라 급격하게 손실값이 감소하고 있는 것을 알 수 있다. 이상으로 살펴본 EGL 10과 EGL 40의 유전율 및 유전손 특성에서 EGL 40의 특성이 EGL 10의 특성보다 훨씬 안정적인 유전특성

을 나타내고 있는 것을 알 수 있었으며, 이는 매트릭스의 물성, 강화제의 변화등의 여러가지 영향이 있겠지만, 가장 중요하게 영향을 미치는 것은 매트릭스와 유리섬유 사이에 큰 차이로 내재되어 있는 보이드(void)가 가장 큰 요인이라 생각된다.

3. 결론

이상과 같이 본 실험은 Epoxy glass laminate에 대한 표면상태와 온도변화와 주파수변화에 따른 유전특성에 대한 조사를 행하였다. GFRP의 SEM사진 결과로 부터 EGL 10이 EGL 40에 비하여 그 계면에 현저하게 보이드(void)가 내재되어 있는 것을 발견할 수 있었고, 온도·주파수 변화에 따른 유전특성은 EGL 10이 EGL 40보다 유전율과 유전손에 있어서 훨씬 불안정하게 나타나는 것을 알 수 있었다. 따라서 EGL 10은 전기절연 용도로서는 부적합하다는 것을 알 수 있었고, EGL 40은 고온이 아닌 120°C 이하의 저온영역에서의 절연용도의 활용이 가능하다는 것을 알 수 있었다.

본 논문은 1996년도 학술진흥재단 국제협력 연구 과제로 지원된 연구의 일부임
과제번호 : J - 21(7차)

참고 문헌

- [1] 崔政諒 朴翊旻, 複合材料, 半島出版社, 1990
- [2] FRP-生産と技術-, プラスチックス・エージ, 1981
- [3] 最新複合材料・技術總覽, (株)産業技術 サービスセンター, 1990
- [4] Dr. A. Brent Strong, Fundamentals of Composites Manufacturing, Society of Manufacturing Engineers, 1989