

비등흡수에 따른 에폭시 복합체의 교류 절연파괴강도의 변화

The variations of AC dielectric breakdown strength of epoxy composites due to boiling absorption

이 덕 진[○], 김 경 민^{*}, 김 탁 용^{*}, 손 인 환^{**}, 신성권^{***}, 김 경 환^{****}, 김재환^{*}

* : 광운대학교 전기공학과

** : 신성대학 전기과

*** : 동해대학 정보통신과

**** : 경원대학교 전기전자공학부

D. J. Lee[○], K. M. Kim^{*}, T. Y. Kim^{*}, I. H. Son^{**}, S. K. Shin^{***}, K. H. Kim^{****}, J. H. Kim^{*}

* : Kwangwoon Univ. ** : Shinsung College *** : Donghae College **** : Kyungwon Univ.

ABSTRACT

In this paper, the variable dielectric breakdown strengths of epoxy composites were investigated at boiling absorption condition in order to observe the influences of moisture in out door use. Also, in order to improve withstand voltage properties at moisture absorption condition, IPN(interpenetrating polymer network) method was introduced and the influence was investigated. As Adding filler(SiO₂) classified by 0[phr], 50[phr] and 100[phr] to two kinds of matrix resin, six kinds of specimens were manufactured.

As a result, it was confirmed that dielectric breakdown strength were degraded with boiling time and filler content increasing. But, it was confirmed that dielectric breakdown strength degrading rate were lowered by the improvement of adhesion strength In IPN specimens.

1. 서론

현재 전력설비용 절연재료로서 에폭시 수지, 실리콘 고무, 폴리에틸렌 등과 같은 고분자 복합재료가 널리 개발 적용되어오고 있으며, 이 중 에폭시수지는 우수한 전기적, 기계적 특성으로 인해 옥내·외용 전력기기의 합침 절연, 선간 절연 및 케이블류의 접속부 절연재료로서 그 성능을 인정받고 있다.

본 연구에서는 실제 사용환경, 특히 옥외용 절연재료로서 적용되는 에폭시 복합재료의 신뢰도를 파악하기 위하여, 두드러진 문제점을 야기하는 열화요인 중 하나인 수분에 의한 변화를 고찰하고자 한다. 옥외용 전력설비는 환경에 직접 노출되는 빈도가 높아지게

되고, 이 경우 수지 내에 필수적으로 첨가되어야 하는 충전재와 에폭시 수지간의 계면에 수분이 흡착하여 계면의 접착기구가 변화하게 되며, 이와 같은 흡수상태의 차이가 인장변형시 그리고 왜곡변형시의 탄성율의 변화를 가져오게 된다.^(1,2) 이러한 기계역학적 특성의 변화는 절연파괴강도의 저하 또는 내트래킹성, 유전을 등과 같은 절연재료의 기본적 특성에도 변화를 주게 될 것이라 생각되어 본 연구에서는 흡수에 의한 절연파괴강도의 변화를 고찰 하였다.

또한 이러한 특성의 저하를 억제할 목적으로 이전에 보고하였던 상호침입망목(IPN) 수법^(3,4)을 도입하여 모체수지의 망목구조를 고차화 시킴에 따라 충전

재와 모체수지간의 접착강도를 증대시키고자 하였으며 동일한 열화조건하에 그 결과를 비교 검토하였다.

2. 실험

2.1 시편제작

본 실험에서는 diglycidyle ether of bisphenol-A (DGEBA)인 YD-128(국도화학)을 사용한 단일망목 구조 시편(E계열)과 DGEBA와 Methacrylic Acid를 상호침입망목 수법으로 가교시킨 시편(EM계열)을 표 1과 같은 조건으로 충전제 함량(0, 50, 100[phr])에 따라 총 6종류의 시편을 제작하였으며, 이에 0, 2, 4, 8시간 동안 비등흡수를 행하였다.

표 1. 시편의 구성 배합비
Table 1. Composite Ratio of Specimens

단위 : [phr]

시 편		E	EM
배 합 비	모 체	YD - 128	100
	수 지	YD - 128 + MA	-
	경화제	PA	36
	충진제	SiO ₂	0, 50, 100

2.2 실험방법

흡수율 측정

45×45×3[mm]의 시편을 제작하여 중량을 측정하였으며, 이 시편을 진공오븐에서 24시간 건조시킨 후, 그리고 2, 4, 8시간 비등흡수시켜 탈수한 후 각각의 중량을 측정하여 흡수율을 산출하였다.

절연파괴시험

30×30×2[mm], 전극간 거리 200[μm]의 시편을 제작하여 2, 4, 8, 시간 비등시킨 후, 시험온도 23, 90 [°C]에서 고전압발생기(Pulse Engineering Co. Ltd.)를 사용하여 교류전압 절연파괴강도를 측정하였다.

3. 실험결과 및 고찰

4.1 비등흡수시간에 따른 흡수율의 변화

그림 1에 각 시편의 비등흡수시간에 따른 흡수율을 나타내었다. E계열의 시편은 충전제 함량이 증가함에 따라 매우 큰 흡수율의 변화를 보인 반면 EM계열 시편은 8시간 비등 후에도 2.2[%] 이하의 낮은 값을 보였으며 전반적으로 충전제 함량 의존성은 매우 낮은 것으로 나타났다. 이는 망목구조를 고차화시켜 모체수지와 충전제간의 접착강도를 개선시킨 결과라 생각된다.

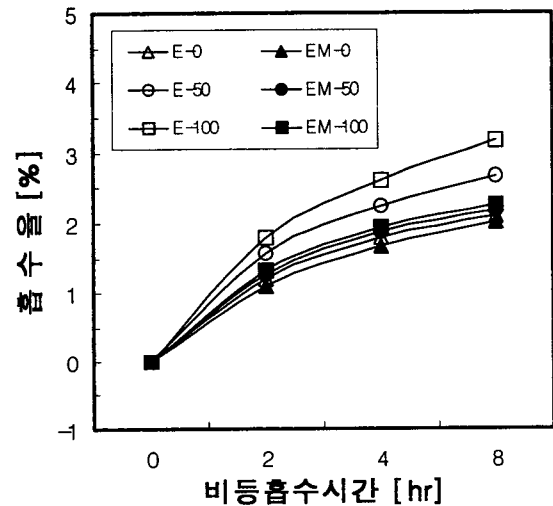


그림 1. 비등흡수시간에 따른 흡수율의 변화

Fig. 2 The variation of water absorption rate of samples due to boiling absorption time

4.2 비등흡수시간에 따른 교류 절연파괴강도의 변화

그림 2와 3은 각각 상온과 90[°C]에서 흡수시간에 따른 각 시편의 교류 절연파괴강도 시험결과이다. 흡수시간이 증가함에 따라 EM계열 시편은 E계열 시편에 비해 완만한 파괴강도의 저하를 나타낸다.

충진제 함량이 증가함에 따라 파괴강도는 낮게 나타났다으나, 그림 3에서 흡수시편의 경우 EM-100시편의 파괴강도가 E-0시편보다 높아지게 되는 역전현상을 보인다. 이는 온도영역이 올라감에 따라 자유체적

의 발생에 의해 파괴될 확률이 높아지면서 EM-100 시편의 효과적인 열방산과 강화된 접착강도에 기인한 것으로 보인다.

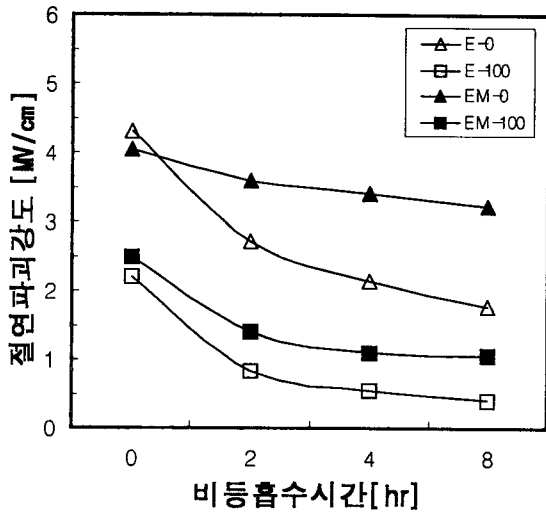


그림 2. 비등흡수시간에 따른 교류전압 절연파괴강도(23[°C])

Fig. 2 AC dielectric breakdown strength of samples due to boiling absorption time (23[°C])

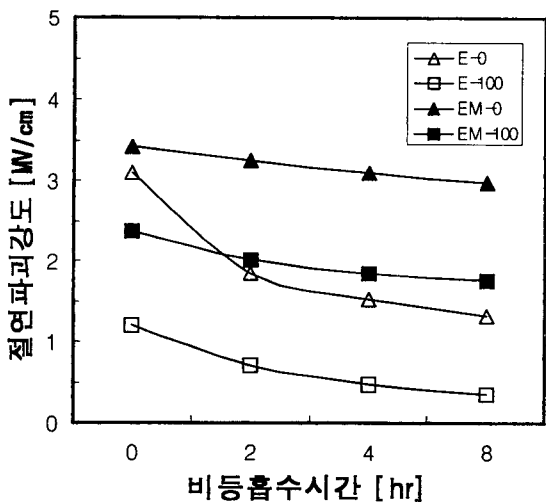


그림 3. 비등흡수시간에 따른 교류전압 절연파괴강도(90[°C])

Fig. 3 AC dielectric breakdown strength of samples due to boiling absorption time (90[°C])

4. 결론

본 연구에서는 단일망목 시편과 상호침입망목 시편을 제작하여 비등흡수시 흡수율의 변화와 교류절연파괴특성에 대하여 고찰하였다. 흡수율 측정결과로부터, E계열 시편의 경우 충전재함량이 증가함에 따라 흡수율도 크게 증가하는 경향을 보였으나 EM계열에서는 흡수율의 변화가 상대적으로 적게 나타남을 알 수 있었다. 또한 흡수시간이 증가함에 따라 절연파괴강도는 저하되며, 상호침입망목수법으로 제작된 EM계열은 E계열 시편에 비해 완만한 곡선을 나타내었다. 이에 따라, 수지와 충전재간의 계면에 수분이 흡착하게 되면 계면의 접착기구가 변화하여 전기적 특성의 저하가 일어난다는 사실을 알 수 있으며 이에 대한 개선책으로 상호침입망목의 도입은 계면에서의 접착강도를 높이는 유효한 수단이 됨을 확인하였다.

참고 문헌

1. Yukuo Yosida 外, "シリカ充填エポキシ樹脂の沸騰吸水に伴う樹脂-充填材界面の接着性變化", T. IEE Japan, Vol.117-A, No.11, pp.1127-1132, 1997.
2. Richard A. Pethrick *et al.*, "Dielectric, Mechanical and Structural, and Water Absorption Properties of a Thermoplastic-Modified Epoxy Resin" *Macromolecules*, 29, pp.5208-5214, 1996.
3. H.L.Frisch *et al.*, "Two and Three Component Interpenetrating Polymer Networks", *Polym. Eng. & Sci.*, Mid-June, Vol.25, No.8, pp.488-493, 1985.
4. 金在煥 外 5人, "2,3성분 상호침입망목 에폭시 복합재료의 절연파괴특성에 관한 연구", *韓國電氣電子材料學會誌*, Vol.9, No.4, pp.364-371, 1996.