

탄성형 에폭시의 흡습에 따른 전기적인 특성

박재열, 박성희, 이강원*, 강성화**, 임기조

충북대학교 전기공학과, 철도기술연구원*, 충청대학 산업안전과**

Electrical Properties according to Moisture Absorption of Elastomer Epoxy Resin

Jae-Yeol. Park, Sung-Hee. Park, Kang-Won. Lee*, Seong-Hwa. Kang** and Kee-Joe Lim

Dept. of Electrical Eng. Chungbuk National Univ, KRRI*, Dept. of Industrial Safety Eng. Chungcheong college.**

Abstract

In this paper ,we studied on the electrical characteristics of insulation material of elastomer epoxy. As the results of test, properties of epoxy represent differently according to elastomer contents. Also, its permittivity, $\tan \delta$ and BDV(Break-Down Voltage) strength show big difference when those compare before moisture absorption test and after moisture absorption test. From this test we find results that mush elastomer contents can cause insulation properties to degrade.

Key Words : permittivity , $\tan \delta$, breakdown voltage , moisture absorption

1. 서 론

오래 전부터 고분자 절연 재료로서 좋은 성능을 보여주고 있는 에폭시 수지는 경화의 용이성 및 전기적·열적·화학적 측면에서 우수한 성질을 지니고 있어, 각종 전기 기기의 절연용 충전제, 전기·전자용 기판 및 애자 등의 절연재로 널리 이용되고 있다.[1,2]

에폭시 수지는 수지 및 경화 제의 종류가 다양해 여러 가지 물성을 제공할 수 있으며, 접착력, 기계적 물성, 내화학성이 좋고 경화시 수축 변형이 적으며 경화반응시 부산물이 생성되지 않는 장점이 있어 고분자 복합재료의 매트릭스로서 중요하게 사용되어 왔다. 또한 기존의 금속 재료를 대체할 수 있는 고강도의 구조 재료라는 이점 때문에 선진 복합재료의 매트릭스인 에폭시 수지에 관한 연구가 집중되고 있으며, 이러한 우수한 물성에도 불구하고 고온습윤특성, 고밀도의 가교도 때문에 brittle 한 물성을 지니고 있어 충격에 파쇄되는 단점이 있다.[3,4]

이러한 단점을 보완하기 위해서 기존의 에폭시수지에 elastomer를 첨가하여 탄성을 부가 하였으며 첨가 비율에 따른 재료의 특성과 전기적인 특성을 알아보았다. 절연 재료의 특징은 흡수율(absorption rate), 겉보기 비중(apparent rate) , 함수율(dissolution rate), 전기적인 특성으로는 유전율, $\tan \delta$, 절연 파괴 시험 등의 실험을 하였으며, 절연파괴 강도는 초기와 흡수 후, 함수 후 에 측정, 유전 율과 $\tan \delta$ 는 흡수 과정 중 시간에 따라 측정하였다.

2. 실험 방법

2.1 흡수율, 함수율 및 겉보기 비중 측정

흡수율 시험은 전기 절연 재료에 요구되는 성능으로서 수분이 침투하지 않는 고분자 재료에도 내부에 전계집중 부분이 존재하게 되면 외부의 수분이 확산, 침투되어 전계집중 부분에 응집 가능성이 있으므로, 이의 측정은 중요하다.

시험단계를 마친 후 흡수율과 함수율, 겉보기 비중을 측정한다.

$$\text{흡수율} = \frac{\text{흡수중량} - \text{건조중량}}{\text{건조중량}} \times 100(\%) \quad (1)$$

$$\text{합수율} = \frac{\text{초기중량} - \text{최종중량}}{\text{초기중량}} \times 100(\%) \quad (2)$$

$$\text{겔보기 비중} = \frac{\text{건조중량}}{\text{시험편체적}} \quad (3)$$

사용장비로는 전자저울(chyo balance.corp JL-180)과 항온기(vacuum drying oven 17-VDO-35)를 사용하였다. 그림1은 흡수 시험에 대한 단계를 나타내고 있다.

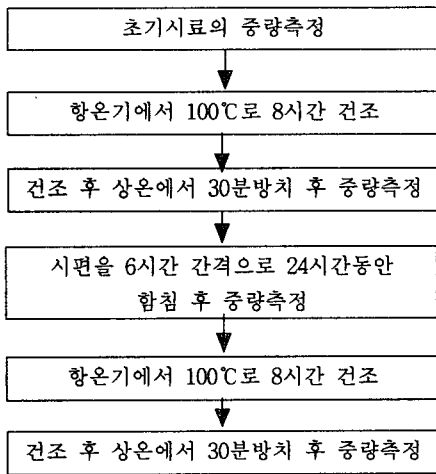


그림 1. 흡수 시험단계.

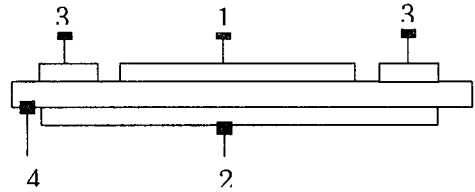
2.2 유전율 및 tan δ 측정

절연체에 전압을 가하면 절연체내에 전기가 발생하고(유전현상) 그 발생정도를 나타내는데 유전율(ε)이 이용된다. 그리고 교류전계에 놓인 고분자 재료는 분극이 있는 위상각 δ 만큼 늦게 일어난다. δ의 정접(tan δ)을 유전정접 이라고한다. 고주파 영역에서 절연체에 교류전압을 가하면 전력손실이 열에너지로 변환되어 재료내부에 열에너지가 발생한다. 열에너지의 발생량은 유전율(ε)×유전정접(tan δ)에 비례한다. 고전압, 1MHz 이상의 고주파기 등에는 유전율과 tna δ가 작은 절연 재료를 선택한다. 유전율과 tan δ는 흡수(6,12,18,24시간)동안에 측정하였으며, 처음상태와 흡수시험 후 건조상태의 시료와 비교 분석하였다.

그림2와 3은 유전율과 tan δ를 측정하기 위한

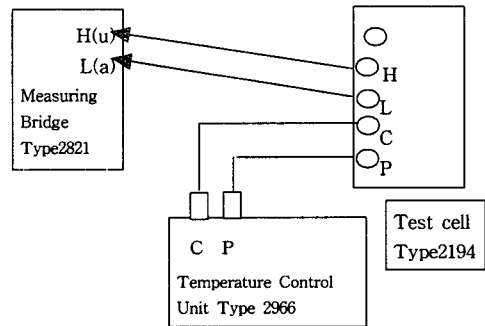
전극구조 및 장비를 나타내고 있다.

사용장비로는 tan δ meter(Tettex, type 2194)를 사용하였다.



1. High voltage electrode
2. Low voltage electrode
3. Guard electrode
4. Test object

그림 2. 유전율 및 유전손실 측정용 전극형상.



H : High voltage

C : Control of heating temperature

L : Low voltage P : Heating power

그림 3. 유전율 및 유전손실 측정장치.

2.3 절연파괴 강도 실험

절연파괴강도가 높다는 것은 절연체의 절연성이 우수하다는 것이다. 이러한 제품이 전기전자 제품으로서 적합한 소재라 할 수 있다. 절연파괴 시험은 시료의 표면방전을 방지하기 위해서 전극과 시료를 절연유에 함침 하였고, 크기를 조정하였다.

사용장비로는 절연유 내압시험기 (TDS-55)를 사용하였다.

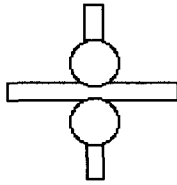


그림 4. 절연파괴 시험에 사용한 전극형상.

2.4 시료

시료는 탄성의 정도에 따라 0, 35, 70, 85의 4가지 경우에 대하여 실험을 하였다. 표1은 시험에 사용되었던 시료의 탄성함유량 및 주형시의 온도, 시간 등에 대한 조건을 나타내고 있는 것이다.

표 1. 시료의 탄성함유량 및 주형시 조건.

NO	Elastomer Cont , phr	Filler Cont %	Moulding time,hr/temp, °C	Cure cond. time.hr/temp °C	Hardness ASTM D 2240 Duromter
#1	0	62	3/120	12/130	94 at 15°C
#2	35	58	3/120	12/130	70 at 15°C
#3	70	60	3/120	12/130	30 at 15°C
#4	85	56	3/120	12/130	10 at 23°C

3. 실험결과 및 고찰

실험 결과는 흡수율 시험항목의 건조와 흡수과정중 시간에 따라 흡수율과 함수율, 겔보기 비중, 유전율, $\tan \delta$, 절연파괴 강도를 측정할 수 있었다.

3.1 흡수율 및 함수율

2절의 실험방법에서와 같이 실험조건을 유지한 상태에서 흡수율을 시험하였다. 흡수증량은 6시간마다 측정하였으며 시간이 증가할수록 elastomer 함유량이 많을수록 흡수율이 증가하는 것을 볼 수 있다. 특히 elastomer 85의 경우 다른 시료보다 변화의 폭이 큰 것을 알 수 있다.

함수율은 건조증량과 시험편 체적에서 나온 결과로 elastomer 70, 85가 0과 35에 비해 상당히 큰 것을 볼 수 있다.

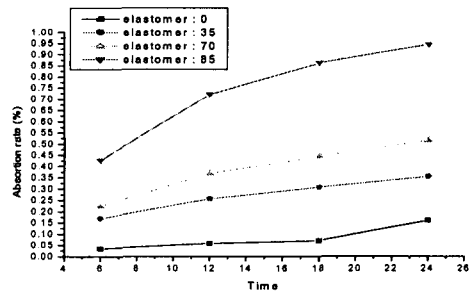


그림 5. 탄성 함유량에 따른 흡수율.

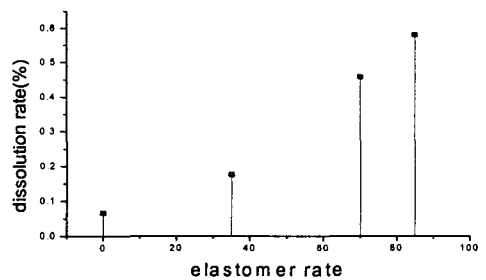


그림 6. 탄성 함유량에 따른 함수율.

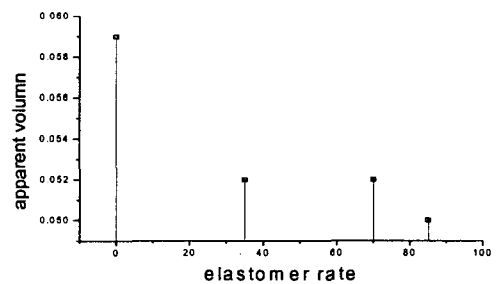


그림 7. 탄성 함유량에 따른 겔보기비중.

3.2 유전율

유전율은 유전체의 성질을 나타내는 기본상수로 서 온도와 주파수 압력에 의해 변한다. 시험하기 전의 시료의 초기 유전율과 흡수과정, 함수후의 유전율을 그림 8에서 볼 수 있다. Elastomer 85의 경우 초기상태와 흡수 24시간 동안 상당한 변화를 보이는 것을 볼 수 있다.

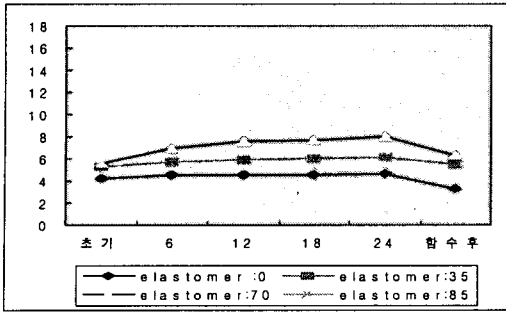


그림 8. 탄성 함유량에 따른 유전율 특성.

3.3. tan δ

고전압 전력기기와 고주파기기 등의 유전율과 tan δ 는 작은 절연재료일수록 좋다. 그림9와 같이 elastomer 85는 초기와 흡수 후에 비해 흡수과정 중 상당히 큰 폭의 변화를 보이는 것을 알 수 있다.

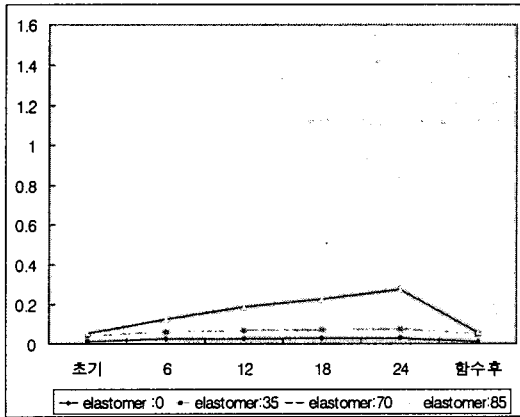


그림 9. 탄성 함유량에 따른 tan δ 특성.

3.4 절연파괴 강도

절연파괴 강도의 비교를 위해 초기상태의 시편과 흡수 후 시편을 비교하였다. Elastomer 함유량에 따라 절연파괴 강도가 흡수 후 증가한 것을 볼 수 있다. 절연파괴 강도가 증가한 것은 elastomer 성분이 흡수와 건조 과정으로 인해 상당량 손실된 것으로 보인다.

표 2. 탄성 함유량에 따른 절연파괴 강도.

	초기(kV/mm)	흡수후(kV/mm)
0	22	26.75
35	21.7	25.25
70	21.5	24.5
85	20	21.75

4. 결론

절연물의 전기적 특성인 유전율, tan δ, 절연파괴 전압과 절연재료의 특성인 흡수율, 함수율, 겔보기 비중 등으로 탄성형 에폭시의 특성을 알아보았다. 흡수 과정을 거친 탄성형 에폭시는 초기와 흡수 후 흡수율, 유전율, tan δ 등이 elastomer 함유량에 따라 변화의 폭이 컸으며, 함수후의 절연파괴 전압이 증가한 것을 볼 수 있다. Elastomer의 함유량이 많은 절연재료는 절연성능이 저하되므로 적당한 함유량을 찾아내어 기존의 에폭시를 대체한다면 에폭시보다 더 좋은 절연 재료로서 사용될 수 있을 것이다.

참고 문헌

- [1] S. Lunak, K. Dusek ; J. of Appl. Polym. Sci 5, 45-55 (1975)
- [2] M. T. Arnheim, J. K. Gillham ; J. of Appl. Sci, 29, 2017-2020 (1984)
- [3] A. FYee and R. A. Pearson, "Toughening Mechanism in elastomer Modified Epoxy Resins" NA-SACR-3718(1983) and NASA-3582(1984)
- [4] L. C. Chan, J. K. Gillham, A. J. Kinloch, and S. J. Shaw, "Rubber-Modified Thermoset Resins", American Chemical Society, p. 261 (1984)
- [5] 한국전기연구소, "99고분자 절연재료 기술", 1999년 기술교육교재, p. 7-17, 1999.
- [6] A. R. Blythe, "Electrical properties of Polymer", CAMBRIDGE University Press, 1980
- [7] Rolli Moser, Robert Kultzow, Thomas Kainmuller "Single Component Epoxy System used for Enhanced Electrical Performance and Application" IEEE Trans on EI, Vol 10, No. 1, p 379 - 385, 1993