

용융 블렌드법에 의한 에폭시 수지의 전기 절연특성에 관한 연구

· 홍경진, 정우성, 구할본, 김태성

전남대학교 전기공학과

Electrical Insulating Characteristics of Epoxy Resin by the Fusion Blend Method

· Kyoung-Jin Hong, Woo-Seong Jeong, Hal-Bon Gu, Tae-Seoung Kim

(Chonnam National Univ.)

ABSTRACT

This study investigated electrical characteristics of solid and liquid epoxy resins by measuring dielectric breakdown and dielectric loss when epoxy resins were exposed to a mixing cure, i.e., Fusion Blend Method.

It was found that mixing epoxy resins were superior to dielectric breakdown and has shorter curing time compare with those of pure liquid epoxy resins.

1. 서론

최근 전기 전자 산업계에서 기계적 및 전기적 특성이 우수한 재료의 개발이 필요하게 되었다. 또한 신소재 개발의 일환으로 고분자 재료인 에폭시 수지를 전지재료로 사용하기위한 연구가 활발이 진행되고 있다. 에폭시 수지는 접착력, 내수성, 내약품성 및 전기절연성이 뛰어나서 각종 건축자재와 모터의 슬롯 절연 및 전자기판등으로 많이 이용되고 있다. 그러나 에폭시수지는 경화상태에 따라서 전기적 및 기계적 특성이 많이 변화하므로 이에 대한 연구가 필요하다.

고체의 에폭시 수지와 액체의 에폭시 수지를 경화제와 배합하는 용융 블렌드법으로 경화시킬 때 전기 절연 및 유전 특성에 대한 연구는 아직 미진한 상태이다. 본 연구에서는 액체에폭시 수지와 고체에폭시를 경화제와 당량비로 배합하여 경화시킨 에폭시 수지에 대한

절연파괴, 유전특성 및 절연내력 등의 변화를 연구하였다.

2. 실험 및 방법

2.1 경화조건 및 시료 제작

고체 에폭시 수지와 액체 에폭시 수지를 액체의 경화제와 혼합하여 경화시키는 용융 블렌드법은 에폭시 수지 경화를 위한 방법중의 하나이다.¹⁾

본 실험에서 사용한 에폭시 수지는 DGEBA계열의 YD-128과 YD-014로서 상온에서 액체 및 고체이다.

YD-014는 상온에서 고체상태로 존재하고 융점은 90-104〔℃〕이다. YD-014를 상온에서 액체 수지인 YD-128과 혼합하여 경화시킬때 본말로 분쇄하여 사용하였으며 경화시 침전이 생기지 않도록 60〔mesh〕의 입자로 가공하여 침전을 방지하였다.

고체 에폭시의 분자량과 당량을 분석하면 에폭시기가 1.47이며 이는 고체 수지내에 불순물이 존재하기 때문이다.

표 1의 A1, A2, A3 시료는 액체 에폭시 수지의 경화조건으로 120〔℃〕에서 60〔분〕, 80〔분〕, 100〔분〕전경화한 시료이며 B1, B2, B3 및 C1, C2, C3 시료는 액체 에폭시 수지에 고체 에폭시 수지를 6.8〔g〕 및 14〔g〕으로 각각 혼합하여 120〔℃〕로 전 경화하였고 후 경화 온도는 모두 150〔℃〕로 하였다.

절연 파괴용 시료는 그림 2.1 과 같이 침과 평판 전극과의 간격이 2〔mm〕가 되도록 침을 삽입하고 20×20×20〔mm〕 크기로 제작 하였다.

표 1. 에폭시 수지의 배합비 및 경화조건

시료	에폭시 수지(g)	고체에폭시 수지(g)	경화제(g)	속진제(g)	경화시간(분)
A1	100	0	85	1	60
A2	100	0	85	1	80
A3	100	0	85	1	100
B1	95	6.8	85	1	60
B2	95	6.8	85	1	80
B3	95	6.8	85	1	100
C1	90	14	85	1	60
C2	90	14	85	1	80
C3	90	14	85	1	100

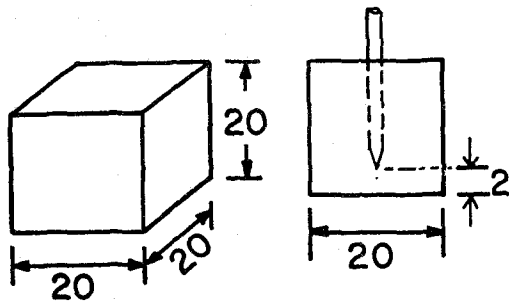


그림 2.1 절연파괴용 시료의 제작 (단위 MM)

Tan δ 측정용 시료는 경화된 시료를 80×80×5 (mm)의 크기로 그림 2.2 와 같이 제작 하였다. 시료의 표면은 # 320 - # 1000 번 연마제로 균일하게 연마한 후 초음파 세척기로 불순물을 제거하고 진공 건조기에서 30 (분) 동안 제습 처리 후 사용 하였다.

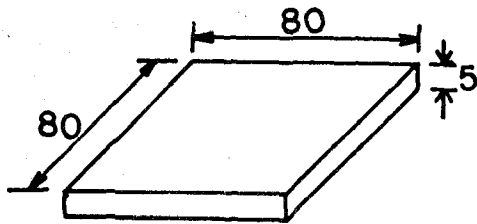


그림 2.2 Tan δ 측정용 시료의 제작 (단위 MM)

2.2 절연파괴 실험

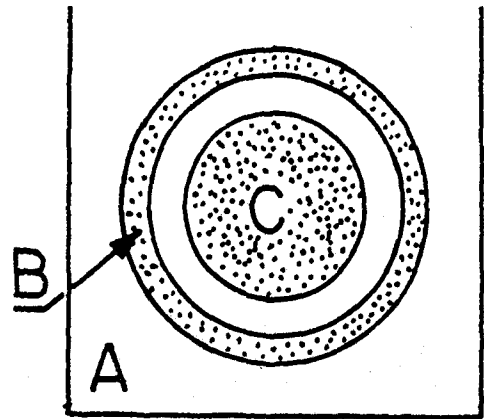
절연파괴 현상에 관한 연구는 구-평판 전극 및 평판-평판 전극 구성으로 행한 실험이 많지만 최근 침-평판

전극 구성으로 인한 불평등 전계하의 절연 파괴현상을 연구한 결과가 많이 발표되고 있다. 본 실험에서는 침-평판전극의 시료를 제작하여 승압속도를 500 [V/sec]로 상승시켜 변압기 절연유내에서 절연파괴 실험을 하였다.

2.3 유전 특성 실험

유전 특성은 Transformer Bridge 형으로 제작된 유전손 측정장치 (Type TR-10T, 일본 ANDO사)를 사용하여 측정하였다.

비유전률 ϵ_r' 및 비유전손률 ϵ_r'' 를 측정하기 위하여 시료를 그림 2.3과 같은 측정용 전극에 설치한 다음 3 (KHz) -30 (KHz)의 주파수로 측정하였다. 측정시 시료가 소정의 온도 (25℃)에 도달하도록 30 (분) 동안 방치한후 측정을 하였으며 시료와 전극의 접촉저항을 고려하여 전극접속면을 은페인트로 도포하였다.



A : 시료 B : 보조 전극 C : 주 전극

그림 2.3 Tan δ 측정용 전극

3. 실험 결과 및 고찰

3.1 절연 파괴 특성

에폭시 수지의 전기 절연특성은 비파괴 실험으로도 전율과 유전율을 측정하며 파괴실험으로 절연 파괴전압과 트리잉 실험을 한다.²⁾ 에폭시 수지의 경화는 2

차원의 선상 구조인 DGEBA 등이 경화제와 가교반응으로 3차원의 망상구조로 되면서 본자량, 유전률 및 시료 내부에 잔류하는 물질의 성분과 양이 달라지는 것을 말하므로 경화 특성과 전기 절연 특성은 중요한 연관성을 갖는다. 일반적인 에폭시 수지의 전기 절연 특성은 $\tan\delta$ 값이 낮고 절연파괴 전압이 높을수록 우수하다.³⁾

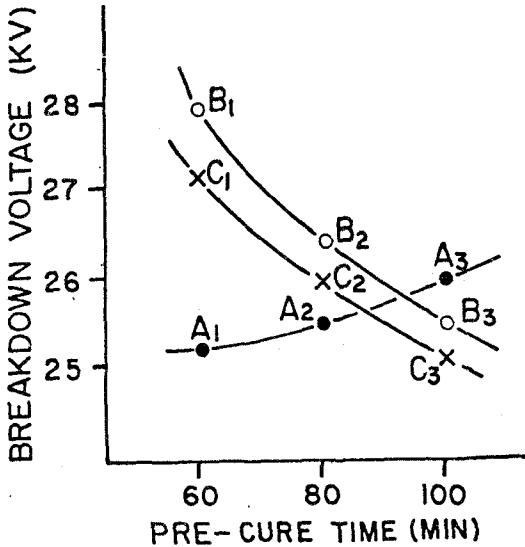


그림 3.1 경화시간과 고체 에폭시수지의 함유량에 따른 절연파괴 특성

3.2 유전 특성

무극성 고분자는 이상적으로 유전손실이 생기지 않으며 유전손 ϵ'' 와 $\tan\delta$ 가 주파수 의존성이 없어야 한다. 그러나 재료에 함유된 불순물, 말단극성기, 축진제 등의 산화로 인하여 손실이 생기고 상당한 크기의 쌍극자 모우먼트를 만들게된다. 이로 인하여 무극성에 에폭시 수지가 유전손 ϵ'' 와 $\tan\delta$ 의 주파수 의존성이 있는 것으로 생각된다.

경화상태에 따른 $\tan\delta$ 의 주파수 의존성은 그림 3.2와 같다.

그림 3.2(a), (b)에서 주파수 상승에 따라 $\tan\delta$ 값은 점점 증가하고 60 [분] 경화시 B1 시료가 $\tan\delta$ 값이 가장 낮았다. 고체의 양이 증가하면 경화시간이 짧아야 그 특성이 우수하게 나타난다.

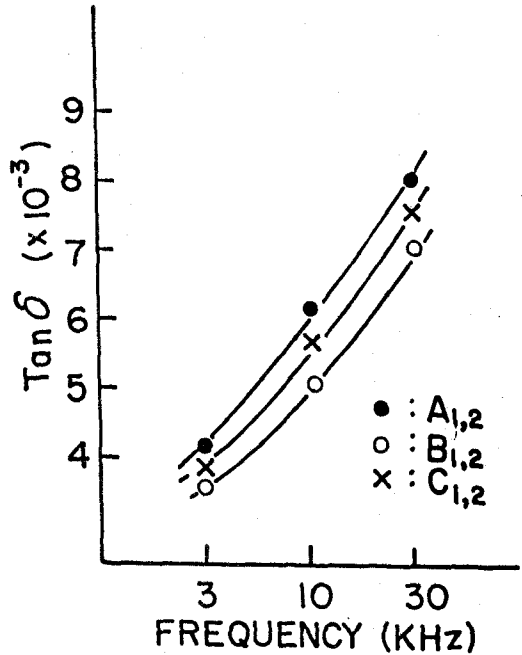


그림 3.2(a) 경화시간과 주파수에따른 $\tan\delta$ 속정곡선 (경화시간 60 [분], 80 [분] 인 경우)

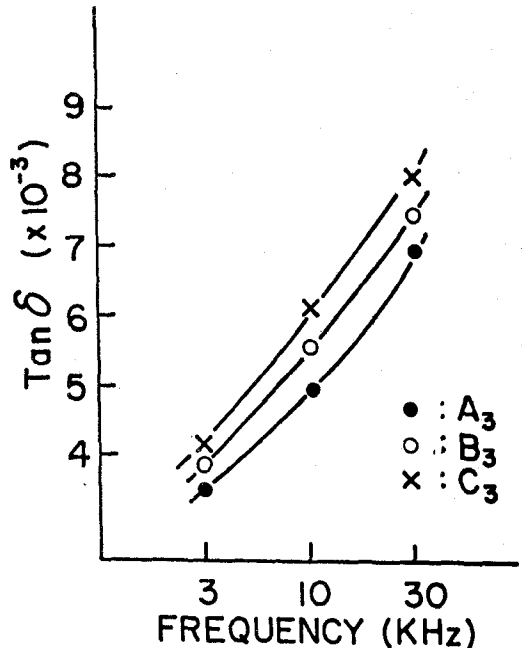


그림 3.2(b) 경화시간과 주파수에따른 $\tan\delta$ 속정곡선 (경화시간 100 [분] 인 경우)

고체의 함유량이 많아지고 경화시간이 짧을수록 절연 파괴전압특성이 좋아짐을 알수있다. 즉, 고체수지는 분자 사슬이 길어서 경화 속도에 영향을 주며 경화 시간이 길어지면 내부 분자 결합상태 및 가교 상태에 현저한 영향을 미치고 있음을 알수있다.⁴⁾ 경화 시간이 길어질경우 절연 파괴특성이 저하되는데 이것은 수지 내부의 가교 부분에서 열열화 현상 및 과잉 경화로 인한 침주위에 마이크로 크랙등의 결합등이 나타나 이들 결합에 의하여 에폭시 수지 내부에서의 선행 부분방전이 일어 남으로서 절연 파괴전압이 낮아지는 것으로 생각된다.⁵⁾

4. 결 론

에폭시 수지의 경화상태에 따라 절연파괴 및 유전특성을 고찰하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 고체 함유량이 6.8 (g) 인 시료를 60 [분] 전경화시킨 시료의 경우 절연파괴전압이 순수 액체 에폭시 수지의 시료보다 약 10 (%) 정도 상승하였다.

2. 혼합 에폭시수지의 경화시간은 절연파괴전압 및 유전특성을 비교해 볼 때 순수 에폭시수지의 경화시간보다 단축되었음을 알 수 있었다.

3. Tan δ 값은 순수 액체 에폭시수지와 같이 고체 에폭시수지에서도 주파수증가에 따라 상승함을 알 수 있었다.

참 고 문 헌

1. 김박문, " 에폭시수지", 서울: 대광서림, PP.300, 1979.
2. 김태성, "경화제 배합비에 따른 Epoxy 수지의 전기 절연특성", 전남대공업기술연구지, 제28권, P128, 1986.
3. E.F.Oleinik and J.K.Gillham, " Network Formation in curing of Epoxy Resin ", PP.159, Springer-Verlag; Berlin, 1986.

4. H.Mitsui 외 3인, " Electrical Failure Properties of Cast Epoxy Resins", IEEE Trans. Vol EI-16, PP.533-542, 1981.

5. Masayuki Ieda "Dielectric Breakdown Process of Polymers", IEEE Trans. Vol EI-15, PP.206-224, 1980.